Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science

S C C S | **C S A S**

Secrétariat canadien de consultation scientifique | **Canadian Science Advisory Secretariat**

Document de recherche 2003/083 | **Research Document 2003/083**

Ne pas citer sans
Autorisation des auteurs *

Not to be cited without
permission of the authors *

Pêche, biologie et distribution du capelan (*Mallotus villosus*) dans les divisions 4RST de l'OPANO en 2002.

Capelin (*Mallotus villosus*) fishery, biology and distribution in NAFO Divisions 4RST in 2002.

François Grégoire, Denis Chabot[1], Claude Savenkoff[1],
Charlyne Lévesque, Johanne Guérin, Jocelyne Hudon et/and Jerry Lavers[2]

Direction des poissons et des mammifères marins / Marine Fish Mammals Branch
[1]Direction des Invertébrés et de la biologie expérimentale /
Invertebrates and Experimental Biology Branch
Ministère des Pêches et des Océans / Department of Fisheries and Oceans
Institut Maurice-Lamontagne / Maurice Lamontagne Institute
850 Route de la Mer
Mont-Joli, Québec
G5H 3Z4

[2]Ministère des Pêches et des Océans / Department of Fisheries and Oceans
C.P. 112, Port Saunders, Terre-Neuve / P.O. Box 112, Port Saunders, Newfoundland
A0K 4H0

* La présente série documente les bases scientifiques des évaluations des ressources halieutiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

* This series documents the scientific basis for the evaluation of fisheries resources in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

Ce document est disponible sur l'Internet à:

This document is available on the Internet at:

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/

ISSN 1499-3848
© Sa majesté la Reine, Chef du Canada, 2003
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2003
Canada

104-02856/

TABLE DES MATIÈRES / *TABLE OF CONTENTS*

Résumé ii

Abstract iii

1.0 INTRODUCTION 1

2.0 MATÉRIEL ET MÉTHODES / *MATERIAL AND METHODS* 2

2.1 Débarquements et prises accessoires / *Landings and by-catches* 2
2.2 Échantillonnage commercial / *Commercial sampling* 3
2.3 Indices de dispersion / *Dispersion indices* 3
2.4 Composition alimentaire et prédation / *Diet composition and predation* 5

3.0 RÉSULTATS / *RESULTS* 5

3.1 Débarquements et prises accessoires / *Landings and by-catches* 5
3.2 Échantillonnage commercial / *Commercial sampling* 6
3.3 Biologie / *Biology* 7
3.4 État de la ressource / *Status of the resource* 9

3.41 Relevés du Lady Hammond / *Lady Hammond surveys* 9
3.42 Relevés du NGCC Alfred Needler / *CCGS Alfred Needler surveys* 9
3.43 Point de vue de l'industrie / *Industry point of view* 11
3.44 Consommation et prédation / *Consumption and predation* 12

4.0 CONCLUSION 13

4.1 Mortalité par la pêche / *Fishing mortality* 14

5.0 RECOMMANDATIONS / *RECOMMENDATIONS* 15

6.0 REMERCIEMENTS / *ACKNOWLEDGEMENTS* 15

7.0 RÉFÉRENCES / *REFERENCES* 16

Tableaux / *Tables* 18

Figures 30

Annexes / *Appendices* 68

Résumé

Les débarquements préliminaires de capelan dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent pour la saison 2002 se chiffrent à 3 302 t. Ces débarquements représentent une hausse de 2 554 t par rapport à 2001. Par contre, ils sont inférieurs à la moyenne annuelle calculée pour la période 1990-2001. Selon l'industrie, la baisse récente des débarquements de capelan serait causée par la perte de certains marchés importants. Comme au cours des dernières années, la plupart des débarquements réalisés en 2002 provenaient d'une pêche à la seine bourse qui se pratique sur la côte ouest de Terre-Neuve. Ailleurs, un total de 7 t ont été débarquées sur la Basse-Côte-Nord du Québec, et aucun débarquement n'a été enregistré dans l'estuaire du Saint-Laurent depuis 2000. La plus importante zone unitaire de pêche demeure 4Rc sur la côte ouest de Terre-Neuve. Entre la fin des années 1980 et le début des années 1990, les saisons de pêche dans cette zone ont été caractérisées par des dates de pêche de plus en plus tardives. L'inverse s'est aussi produit entre 1996 et 1998, mais des retards ont à nouveau été observés par la suite. La taille moyenne des prises réalisées pour l'ensemble de la division 4R présente une tendance à la baisse entre 1986 et 1999 mais une hausse par la suite. Cependant, les tailles mesurées en 2002 demeurent toujours en deçà de celles qui ont été observées dans les années 1980. Des indices de dispersion et des surfaces associées à différentes probabilités de retrouver du capelan sont calculés à partir des prises accessoires des relevés d'abondance aux poissons de fond et à la crevette (*Pandalus borealis*) dans le nord et le sud du golfe du Saint-Laurent. Ces indices sont caractérisés par des hausses dans les tendances à long terme. Entre 1997 et 2001, les surfaces associées à des probabilités élevées de retrouver du capelan dans le nord du golfe du Saint-Laurent se sont étendues graduellement vers l'est mais en 2002, la région de la côte ouest de Terre-Neuve a plutôt été caractérisée par une réduction de ces surfaces. Dans le sud du Golfe, une expansion très importante du capelan s'est produite depuis le milieu des années 1990. Cette expansion semble être reliée à une réduction de la surface du plateau Madelinien qui est couverte par des eaux de moins de 1 °C. Des contenus stomacaux prélevés dans le golfe du Saint-Laurent (divisions 4R et 4S) depuis 1993 montrent que le capelan est important dans le régime alimentaire de la morue (*Gadus morhua*). Il existe aussi un fort lien entre la taille de la morue et l'importance du capelan dans son régime alimentaire. En fait, ce sont les morues de 20 à 70 cm qui consommeraient le plus de capelan.

Abstract

Preliminary landings for capelin fished in the Estuary and the Gulf of St. Lawrence during the 2002 season added up to 3,302 t. These landings represent a rise of 2,554 t compared with the 2001 level. However, they are lower than the annual average landings calculated for the 1990-2001 period. According to the industry, the recent drop in capelin landings would be caused by the loss of some significant markets. As for the last years, the majority of landings recorded in 2002 were made by purse seiners operating on the west coast of Newfoundland. Elsewhere, a total of 7 t were landed on the Quebec lower North Shore, while no landings have been recorded in the Estuary of the St. Lawrence since 2000. The most significant fishery unit area remains 4Rc, on the west coast of Newfoundland. Between the end of the 1980s and the beginning of the 1990s, fishing seasons in this area were characterized by late fishery dates. The contrary also occurred between 1996 and 1998, but delays were again observed thereafter. The average size of capelin for division 4R as a whole showed a downward trend between 1986 and 1999, but a rise occurred thereafter. Nevertheless, the sizes measured in 2002 still remain lower to those recorded in the 1980s. Indices of dispersion and surface areas associated with different probabilities of finding capelin are calculated from the groundfish and shrimp (*Pandalus borealis*) research surveys in the northern and southern Gulf of St. Lawrence. These indices are characterized by rises in their long-term tendencies. From 1997 to 2001, surface areas with high probabilities to find capelin in the northern Gulf of St. Lawrence expanded gradually towards the east, but in 2002, the area of the west coast of Newfoundland was rather characterized by a reduction of such surface areas. For the southern Gulf, a very significant expansion of the species characterized this area since the middle of the 1990s. This expansion seems to be linked with a reduction of the Magdalen Shallows surface area covered by water colder than 1°C. Stomach contents sampled in the Gulf of St. Lawrence (divisions 4R and 4S) since 1993 revealed that the capelin is a significant food resource for cod (*Gadus morhua*). There is also a strong link between the size of cod and the importance of the capelin in its diet. Indeed, cods from 20 to 70 cm would be the most important predator for capelin.

1.0 INTRODUCTION

Le capelan (*Mallotus villosus*) est un petit poisson pélagique de la famille des *Osmeridae*. Sa distribution est circumpolaire et dans le Nord-Ouest de l'Atlantique, on le retrouve le long des côtes du Labrador et de Terre-Neuve, sur les Grands Bancs ainsi que dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Au cours des années 1960, le capelan a été abondant dans la baie de Fundy (Jangaard, 1974) et il est présent, depuis le milieu des années 1980, dans la partie Est du plateau néo-écossais (Frank, 1997).

Dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (Figure 1), le capelan est l'objet d'une pêche commerciale qui s'est rapidement développée à la fin des années 1970 par l'arrivée d'un marché japonais pour la femelle oeuvée. Au cours des ans, les plus importants débarquements de capelan ont été réalisés sur la côte ouest de Terre-Neuve par des pêcheurs utilisant la seine bourse ou la trappe (Grégoire *et al.*, 1995; Grégoire et Hurtubise, 1996; Grégoire *et al.*, 1996; Grégoire *et al.*, 1997a, 1997b; Grégoire *et al.*, 1999; Beaulieu, 2001). Sur la Basse-Côte-Nord du Québec, la trappe est le principal engin de pêche utilisé comparativement à la fascine pour l'estuaire du Saint-Laurent. Les débarquements de capelan peuvent varier grandement d'une année à l'autre en raison de la demande des marchés ou de la taille des captures. Comme pour les autres espèces exploitées commercialement, des mesures de longueur et des échantillons biologiques sont recueillis annuellement dans les principaux ports de débarquements.

Le capelan est une prise régulière de la pêche commerciale à la crevette (*Pandalus borealis*). On le retrouve aussi dans les

1.0 INTRODUCTION

Capelin (*Mallotus villosus*) is a small pelagic fish member of the *Osmeridae* family with a circumpolar distribution. In the north-west of the Atlantic, capelin can be found along the coasts of Labrador and Newfoundland, on the Grand Banks as well as in the Estuary and the Gulf of St. Lawrence. During the 1960s, capelin was abundant in the Bay of Fundy (Jangaard, 1974) and has been present, since the middle of the 1980s, in the eastern part of the Scotian Shelf (Frank, 1997).

Capelin is commercially fished in the Estuary and the Gulf of St. Lawrence (Figure 1). This fishery developed rapidly with the emergence of a Japanese market for egg-bearing females in the late 1970s. Over the years, the most significant landings of capelin were made on the west coast of Newfoundland by fishermen using purse sennes or traps (Grégoire *et al.*, 1995; Grégoire and Hurtubise, 1996; Grégoire *et al.*, 1996; Grégoire *et al.*, 1997a, 1997b; Grégoire *et al.*, 1999; Beaulieu, 2001). On the Quebec lower North Shore, the trap is the main fishing gear used, while weir is used in the Estuary of St. Lawrence. Capelin landings can largely vary from one year to another due to the market demand or the size of captures. As for other commercially harvested species, measurements of the length are made and biological samples are collected on an annual basis at main ports of landing.

Capelin is a regular by-catch in shrimp (*Pandalus borealis*) commercial fishery. Capelin is also captured during groundfish

captures des relevés d'évaluation d'abondance des poissons de fond et de la crevette qui sont réalisés annuellement dans le nord et le sud du golfe du Saint-Laurent. Pour l'instant, il n'existe aucun relevé d'abondance dirigé spécifiquement sur le capelan et aucune évaluation analytique. Cependant, il est généralement reconnu que la pêche a peu d'impact sur le stock et que les fluctuations d'abondance sont plutôt d'ordre naturel car la mortalité après la ponte est très élevée. De plus, le capelan est une proie très importante pour de nombreuses espèces de poissons et de mammifères marins (Biorex, 1988).

and shrimp abundance surveys that are carried out each year in the northern and the southern Gulf of St. Lawrence. Currently, there are no abundance surveys nor any analytical assessments specifically directed on this species. However, it is generally recognized that fishery has little impact on the stock and that the variations in abundance are rather natural as mortality rates after spawning are very high. Moreover, capelin is a very important food resource for many fish and marine mammal species (Biorex, 1988).

Le principal objectif de la présente étude consistait à mettre à jour et à présenter les données biologiques, les captures commerciales et les prises accessoires de capelan recueillies ou réalisées en 2001 et 2002. Le second objectif consistait à calculer et à mettre à jour deux indices qui décrivent la dispersion du capelan dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

The main goal of this survey was to update and present biological, commercial capture and by-catch data collected for capelin in 2001 and 2002. Its second goal was to compute and update two indices to describe the dispersion of the capelin in the Estuary and the Gulf of St. Lawrence.

2.0 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.0 MATERIAL AND METHODS

2.1 Débarquements et prises accessoires

2.1 Landings and by-catches

Les données des débarquements commerciaux de capelan ont été tirées des fichiers **ZIFF** (**Z**onal **I**nterchange **F**ile **F**ormat) produits annuellement à partir des récépissés d'achat et des livres de bord. Ces données ont été regroupées par division et zone unitaire de l'**O**rganisation des **P**êches de l'**A**tlantique du **N**ord-**O**uest (**OPANO**), puis par jour, mois et engin de pêche.

Data on capelin commercial landings were taken from the **ZIFF** (**Z**onal **I**nterchange **F**ile **F**ormat) files compiled annually from purchase slips and logbooks. These data were broken down by the **N**orthwest **A**tlantic **F**isheries **O**rganisation (**NAFO**) division and unit area, then by day, month and fishing gear.

Les prises accessoires de capelan réalisées par des chalutiers et couverts par des observateurs ont été regroupées par espèce recherchée. La couverture des observateurs a été décrite selon le nombre de navires et de

Capelin by-catches made by trawlers and covered by observers were grouped by sought species. Observer coverage was described by number of vessels and sampled tows. The geographical distribution of these

traits échantillonnés. La distribution géographique de ces prises a été présentée de même que celles des relevés du *Lady Hammond* réalisés dans le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1984 et 1989 et du *NGCC Alfred Needler* dans le nord (H. Bourdages, comm. pers., MPO, Mont-Joli) et le sud (G. Poirier, comm. pers., MPO, Moncton) du Golfe entre 1990 et 2002.

catches was presented as well as those of the surveys made by the *Lady Hammond* in the northern Gulf of St. Lawrence between 1984 and 1989 and by the *CCGS Alfred Needler* in the northern (H. Bourdages, pers. comm., DFO, Mont-Joli) and in the southern (G. Poirier, pers. comm., DFO, Moncton) part of the Gulf from 1990 to 2002.

2.2 Échantillonnage commercial

Le programme d'échantillonnage commercial couvre à chaque année les principales activités de pêche au capelan dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Cette couverture se traduit par la récolte d'échantillons qui sont pesés et mesurés à quai, puis analysés au laboratoire. Ces données permettent de calculer et de suivre l'évolution annuelle des fréquences de longueur, des relations poids-longueur, de la condition (indice de Fulton; Ricker, 1975) et de l'indice gonado-somatique (IGS). À la demande de l'industrie, les échantillons commerciaux sont aussi utilisés pour calculer des nombres au kilogramme. Ces derniers sont comparés selon la provenance des échantillons et à un seuil limite de 50 capelans / kg. Ce seuil est un outil de gestion qui est utilisé depuis plusieurs années pour éviter la capture d'un trop grand nombre de petits capelans.

2.2 Commercial sampling

Every year, the commercial sampling program covers the main capelin fishery activities both in the Estuary and the Gulf of St. Lawrence. This coverage allows us to harvest samples which are weighed and measured at dockside, and then undergo laboratory analysis. With resulting data, it is possible to calculate and follow the annual evolution of length frequencies, weight-length relationships, condition (Fulton index; Ricker, 1975) and gonado-somatic index (GSI). As requested by the industry, commercial samples are also used to calculate the number of fish per kilogram. These results are compared by sample source and in relation to a threshold of 50 capelin/kg. This threshold is a management tool that has been used for several years to prevent the capture of too many small capelin.

2.3 Indices de dispersion

Deux indices sont utilisés pour décrire la dispersion du capelan dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent et dans tout le golfe du Saint-Laurent (Grégoire *et al.*, 2002). Ces indices sont calculés à partir des prises de capelan des relevés d'abondance aux poissons de fond et à la crevette et se définissent de la façon suivante: (1) la surface totale (km^2) associée à une probabilité minimale de 50 % et plus de

2.3 Dispersion indices

The dispersion of capelin in the Estuary and the northern Gulf of St. Lawrence and in the Gulf of St. Lawrence as a whole (Grégoire *et al.*, 2002) is described using two indices. Both indices are derived from capelin captured during groundfish and shrimp abundance surveys and are defined in the following way: (1) the total surface area (km^2) associated with a 50% minimal probability to find capelin, and (2) mean

retrouver du capelan, et (2) les probabilités moyennes de retrouver du capelan par unité de surface de 25 km^2. Ces indices ont été mis à jour pour les relevés du *NGCC Alfred Needler* de 2001 et 2002 dans le nord et le sud du Golfe. Ils ont aussi été calculés pour les relevés du *Lady Hammond* réalisés entre 1984 et 1989.

Le calcul des indices de dispersion débute par la transformation des prises de capelan par station, ou $Z_{(x)}$, en une fonction indicatrice binaire ayant la forme suivante :

$$I_{(j)} = \begin{cases} 0 \text{ si } Z_{(x)} \le Z_{(c)} \\ 1 \text{ si } Z_{(x)} > Z_{(c)} \end{cases}$$

où $Z_{(c)}$ représente un niveau de coupure dans la distribution des valeurs de $Z_{(x)}$. Ce niveau a été fixé à 0 de sorte que les valeurs 0 et 1 de $I_{(j)}$ représentent une absence ou une présence du capelan. Le variogramme utilisé pour décrire la structure spatiale de cet indicateur se décrit comme suit :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{k=1}^{N(h)} \left[I(j_k) - I(j_k + h) \right]^2$$

où :

h = un vecteur de distance ayant une valeur et une direction

$N(h)$ = le nombre total de paires de stations utilisées dans le calcul de $\gamma(h)$

et :

$I(j_k)$ et $I(j_k + h)$, les valeurs de l'indicateur aux différentes stations d'échantillonnage dont les positions ont comme coordonnées (j_k) et $(j_k + h)$.

probabilities to find capelin per 25 km^2 unit of area. These indices were updated for the *CCGS Alfred Needler* surveys of 2001 and 2002 in the northern and the southern Gulf. They were also calculated for the *Lady Hammond* surveys made between 1984 and 1989.

The calculation of dispersion indices begins with the conversion of capelin catches by station, or $Z_{(x)}$, in the following binary indicator:

$$I_{(j)} = \begin{cases} 0 \text{ if } Z_{(x)} \le Z_{(c)} \\ 1 \text{ if } Z_{(x)} > Z_{(c)} \end{cases}$$

where $Z_{(c)}$ represents a cutting level in the distribution of the values of $Z_{(x)}$. This level was established at 0 so that 0 and 1 values of $I_{(j)}$ correspond to the absence or the presence of capelin. The variogram used to describe the spatial structure of this indicator is described as follows:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{k=1}^{N(h)} \left[I(j_k) - I(j_k + h) \right]^2$$

where:

h = a vector of distance having a value and a direction

$N(h)$ = the total number of pairs of stations used to calculate $\gamma(h)$

and:

$I(j_k)$ and $I(j_k + h)$, the values of the indicator at the various sampling stations whose positions co-ordinates are (j_k) and $(j_k + h)$.

Le choix du modèle de variogramme et le calcul de la semivariance $\gamma(h)$ ont été réalisés à l'aide du logiciel de géostatistique GS^+ (Robertson, 1998). Le krigeage ponctuel ordinaire a été effectué à partir des paramètres des variogrammes annuels. Le nombre de points à inclure dans le voisinage de recherche a été fixé à 16 et aucune restriction n'a été appliquée sur le rayon de recherche. La surface échantillonnée par les relevés a été couverte d'une grille composée de mailles de 25 km^2 (Annexe 1). Le krigeage a été réalisé au centre de chacune de ces mailles, et les résultats ont été exprimés en terme de probabilités de retrouver du capelan par unité de surface de 25 km^2.

The choice for the variogram model and the calculation of the semivariance $\gamma(h)$ were carried out using the geostatistic software GS^+ (Robertson, 1998). Ordinary point kriging was carried out based on the parameters of annual variograms. The number of points to be included in the research neighbourhood was established to 16, and no restriction was applied to the research radius. The surface area sampled by the surveys was covered with a 25 km^2 mesh grid (Appendix 1). Kriging was carried out in the center of each of these meshes, and the results were expressed in term of probabilities to find capelin per 25 km^2 unit of area.

2.4 Composition alimentaire et prédation

Récemment, des modèles écosystémiques ont été développés pour étudier le réseau trophique du nord du golfe du Saint-Laurent (C. Savenkoff, comm. pers., MPO, Mont-Joli). Ce dernier a été divisé en plusieurs groupes fonctionnels représentés par un grand nombre d'espèces pélagiques et benthiques. Des mesures de biomasse, de production, de consommation et d'alimentation ont été calculées pour chacune de ces espèces (Morrisette *et al.*, 2003). Dans le présent document, la composition alimentaire du capelan est décrite de même que la consommation de ses principaux prédateurs.

2.4 Diet composition and predation

Recently, ecosystemic models were developed to investigate the trophic network of the northern Gulf of St. Lawrence (C. Savenkoff, pers. comm., DFO, Mont-Joli). This network was divided into several functional groups represented by a large number of pelagic and benthic species. Measurements of biomass, production, consumption and feeding were calculated for each species (Morrisette *et al.*, 2003). In this document, the capelin diet composition is described as well as the consumption of its main predators.

3.0 RÉSULTATS

3.0 RESULTS

3.1 Débarquements et prises accessoires

3.1 Landings and by-catches

En 2002, les données préliminaires des débarquements de capelan pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent se sont chiffrés à 3 302 t, ce qui représente une augmentation de 2 554 t par rapport à 2001 (Tableau 1).

In 2002, preliminary data of capelin landings in the Estuary and the Gulf of St. Lawrence totalled 3,302 t, an increase of 2,554 t compared to 2001 levels (Table 1). In spite of this rise, these landings only correspond

Malgré cette hausse, ces débarquements ne correspondent qu'à 27 % du TAC (4R=10 700 t; 4ST=1 725 t) et demeurent sous la moyenne annuelle des 5 686 t calculée pour la période 1990-2001 (Tableau 2). Comme au cours des dernières années, la plupart des débarquements de capelan réalisés en 2002 (3 295 t) provenaient de la division 4R située sur la côte ouest de Terre-Neuve (Tableau 1, Figure 2). Ces débarquements sont associés à une pêche à la seine bourse qui est pratiquée principalement dans la zone unitaire 4Rc (Tableaux 2 et 3). Dans la division 4S, seulement 7 t ont été débarquées en 2002, et aucun débarquement n'a été enregistré dans la division 4T depuis 2000 (Tableau 2). Au cours des années 1990, c'est en juin que la plupart des débarquements de capelan de la division 4R ont été réalisés (Tableau 4), par rapport aux mois de juillet dans 4S (Tableau 5) et mai et juin dans 4T (Tableau 6).

to 27% of TAC (4R=10,700 t; 4ST=1,725 t) and remain under the annual average of 5,686 t calculated for the 1990-2001 period (Table 2). As for the last years, division 4R, which is located on the west coast of Newfoundland (Table 1, Figure 2), accounted for the majority of capelin landings (3,295 t) made in 2002. These landings came from purse senne fishery, which is mainly practised in unit area 4Rc (Tables 2 and 3). In division 4S, only 7 t were landed in 2002, and no landings have been recorded in division 4T since 2000 (Table 2). During the 1990s, most of division 4R capelin landings were made in June (Table 4), compared to July for 4S (Table 5) and May and June for 4T (Table 6).

Un total de 7.5 t de capelan ont été enregistrées par des observateurs en 2002 (Tableau 7). La plupart de ces prises ont été réalisées par des crevettiers dans la région de l'Île d'Anticosti et sur la côte ouest de Terre-Neuve (Figure 3). La couverture annuelle de cette flotte par des observateurs est d'environ 5 % (Sylvain Hurtubise, comm. pers., MPO, Mont-Joli).

A total of 7.5 t of capelin were recorded by observers in 2002 (Table 7). The majority of these catches were made by shrimpers in the Anticosti Island area and on the west coast of Newfoundland (Figure 3). The annual coverage of this fleet by observers is of approximately 5% (Sylvain Hurtubise, pers. comm., DFO, Mont-Joli).

3.2 Échantillonnage commercial

En 2002, les débarquements commerciaux de capelan de la division 4R ont été échantillonnés à 7 reprises (Tableau 8). Le nombre total de capelans mesurés à quai a été de 1 895, et de ce nombre, 204 ont été prélevés et analysés au laboratoire (Tableau 9). Ces nombres représentent une amélioration de l'effort d'échantillonnage par rapport à 2001 puisque 2 échantillons avaient été récoltés pour des captures de seulement 741 t.

3.2 Commercial sampling

Capelin commercial landings from division 4R were sampled 7 times in 2002 (Table 8). The total number of capelin measured at dockside was 1,895, and on this number, 204 were collected and analyzed in laboratory (Table 9). These numbers represent an improvement of the sampling effort compared to the 2001 levels, when 2 samples were collected for an harvest of only 741 t.

3.3 Biologie

Pour le capelan de la division 4R, la plus grande partie de la croissance se produit au cours des premières années de vie. À deux ans, les mâles ont une taille et un poids supérieurs à ceux des femelles (Figure 4A). Les relations poids-longueur entre les deux sexes sont similaires (Figure 4B), mais pour des longueurs inférieures à environ 140 mm, les femelles ont un poids légèrement plus élevé que celui des mâles. L'indice gonado-somatique (IGS) démontre de très grands écarts au cours d'une saison, en particulier chez les femelles, en passant de moins de 5 % en avril (jour 100, 106 et 110 de l'année) à plus de 30 % entre le 11 juin (jour 162) et le 29 juin (jour 180) (Figure 5A). Pour les valeurs de l'IGS supérieures à environ 20 %, une relation inverse est observée entre ce paramètre et la condition des femelles (Figure 5B).

Entre la fin des années 1980 et le début des années 1990, les saisons de pêche dans la zone unitaire 4Rc ont été caractérisées par des dates d'ouverture de plus en plus tardives (Figure 6A). Entre 1996 et 2000, les saisons de pêche ont été un peu plus hâtive, mais à nouveau des retards se sont produits par la suite de sorte que la saison de pêche de 2002 représente l'une des plus tardive à avoir été observée depuis le début des années 1990. Ces changements dans les dates de pêche sont aussi associés à la saison de reproduction puisque la pêche est réalisée lorsque le capelan se rapproche de la côte ou des plages pour la ponte. Traditionnellement, la pêche au capelan visait les femelles matures pour leurs œufs. Cependant, depuis quelques années, de nouveaux marchés se sont développés pour les femelles et les mâles vendus en entier.

3.3 Biology

Most of the growth of capelin of division 4R occurs during the first years of its life. At two years, male size and weight are higher than those of females (Figure 4A). The weight-length relationships between both sexes are similar (Figure 4B), but females shorter than approximately 140 mm have a weight slightly higher than males. The gonado-somatic index (GSI) shows very large variations during the season, in particular for females, ranging from less than 5% in April (day 100, 106 and 110 of the year) to more than 30% between June 11 (day 162) and June 29 (day 180) (Figure 5A). For the GSI values higher than approximately 20%, an opposite relation is observed between this parameter and female condition (Figure 5B).

From the late 1980s and the early 1990s, fishing seasons in unit area 4Rc were characterized by late fishery dates (Figure 6A). Between 1996 and 2000, the fishing seasons began a little earlier, but delays occurred again thereafter so that the 2002 fishing season is one of latest recorded since the beginning of the 1990s. These changes in fishery dates are also linked with the spawning season as fishery is made when capelin approach the coast or the beaches for laying. Traditionally, capelin fishery was aimed at mature females for their eggs. However, for a few years, new markets have been developed for round females and males.

Dans la division 4R, une diminution graduelle de la taille moyenne des capelans femelles et mâles a été observée du milieu des années 1980 jusqu'en 1993 (Figure 6B). Cette diminution de la taille, associée à des nombres élevés au kilogramme sont à l'origine d'une fermeture rapide de la pêche en 1994 (une seule fréquence de longueur a été recueillie en 1994 ce qui explique les longueurs moyennes élevées calculées pour cette année) et de son arrêt presque complet en 1995. La taille moyenne des capelans est demeurée relativement stable mais peu élevée entre 1996 et 1998 avant de diminuer davantage en 1999 et d'augmenter à nouveau par la suite. Cependant, les tailles mesurées en 2002 demeurent toujours en deçà de celles qui ont été observées dans les années 1980.

In division 4R, a gradual reduction in the average size of females and males was observed from the middle of the 1980s to 1993 (Figure 6B). This decrease in size, associated with high numbers of individuals per kilogram, is at the origin of the premature closure of the fishery in 1994 (only one length frequency was collected in 1994, which explains the high average lengths calculated for this year) and of its nearly complete halt in 1995. The average size of capelin remained relatively stable but was low between 1996 and 1998 before decreasing more in 1999 and increasing again thereafter. However, the sizes measured in 2002 still remain lower than those which were observed in the 1980s.

Ces variations de la taille du capelan sont aussi observées à l'examen des fréquences de longueur annuelles (Figures 7A et 7B). Ces dernières sont aussi caractérisées par la présence d'un mode principal qui s'explique par le chevauchement des longueurs entre les différents groupes d'âge.

These variations in capelin size are also observed while examining the annual length frequencies (Figures 7A and 7B). These frequencies are also characterized by the presence of a main mode which is explained by the overlapping of lengths between the various age groups.

De plus faibles nombres moyens au kilogramme indiquent que la taille des capelans échantillonnés dans les divisions 4R et 4S est généralement supérieure à celle des capelans de la division 4T (Figure 8). Dans la division 4R, ces nombres moyens ont été plus élevés que le seuil des 50 capelans au kilogramme en 1994 et 1995, puis entre 1999 et 2001. Les trois zones se caractérisent aussi par une augmentation des nombres au kilogramme après 1992.

Lower average numbers of capelin per kilogram indicate than the size of capelin sampled in divisions 4R and 4S is generally higher than that of capelin of division 4T (Figure 8). In division 4R, these average numbers were higher than the threshold of the 50 capelin per kilogram in 1994 and 1995, and between 1999 and 2001. The three areas are also characterized by an increase in the numbers per kilogram after 1992.

3.4 État de la ressource

3.4 Status of the resource

3.41 Relevés du Lady Hammond

3.41 Lady Hammond surveys

Les plus importantes prises de capelan des relevés du *Lady Hammond* furent réalisées

The most significant catches of capelin for the *Lady Hammond* surveys were made

autour de l'Île d'Anticosti et sur la côte ouest de Terre-Neuve (Figure 9). Pour chaque relevé, les données de présence/absence de capelan (Figure 10) ont permis de calculer des variogrammes (Figure 11) à l'aide du modèle sphérique (Tableau 10). Les coefficients de corrélation de ces modèles sont élevés et aucune anisométrie n'a été mesurée.

around the Anticosti Island and on the west coast of Newfoundland (Figure 9). For each survey, the data on the presence/absence of capelin (Figure 10) allowed variogram calculation (Figure 11) using the spherical model (Table 10). The correlation coefficients of these models are high and no anisometry was measured.

Les cartes des contours de surface indiquent que les probabilités minimales de retrouver du capelan ont augmenté entre 1984 et 1989 (Figure 12). Ces augmentations se traduisent par une tendance à la hausse dans les valeurs annuelles des deux indices de dispersion (Figures 13A et 13B).

An increase in minimal probabilities to find capelin between 1984 and 1989 is indicated on the surface contour maps (Figure 12). These increases resulted in an upward trend in the annual values of both indices of dispersion (Figures 13A and 13B).

3.42 Relevés du NGCC Alfred Needler

Les distributions géographiques des prises de capelan des relevés du *NGCC Alfred Needler* dans le nord du Golfe sont similaires à celles du *Lady Hammond*. Malgré certaines variations inter annuelles, les plus importantes prises sont généralement réalisées autour de l'Île d'Anticosti et sur la côte ouest de Terre-Neuve (Figure 14). Les données de présence/absence associées à ces relevés (Figure 15) ont permis de calculer des variogrammes (Figure 16) à l'aide du modèle sphérique sauf en 1995, 1997 et 1999 où le modèle exponentiel a été employé (Tableau 11). À l'exception de 2001, tous les coefficients de corrélation étaient élevés et aucune anisométrie n'a été détectée.

3.42 CCGS Alfred Needler surveys

The geographical distribution of capelin catches for the *CCGS Alfred Needler* surveys made in the northern Gulf are similar to those of the *Lady Hammond*. In spite of some interannual variations, the most significant catches are generally made around the Anticosti Island and on the west coast of Newfoundland (Figure 14). The data on the presence/absence of capelin taken from these surveys (Figure 15) were used to calculate variograms (Figure 16) using the spherical model, except for 1995, 1997 and 1999, for which the exponential model was employed (Table 11). Except for 2001, all correlation coefficients were high and no anisometry was detected.

Les probabilités de retrouver du capelan sont généralement très élevées (80-100%) dans l'estuaire et la partie du golfe du Saint-Laurent située à l'ouest de l'Île d'Anticosti (Figure 17). Entre 1997 et 2001, les surfaces associées à ces probabilités se sont étendues

The probabilities to find capelin are generally very high (80-100%) in the Estuary and in the part of the Gulf of St. Lawrence located west of the Anticosti Island (Figure 17). Between 1997 and 2001, surface areas associated with these

graduellement dans l'est et le sud-est de la zone échantillonnée par ces relevés. Cependant en 2002, la région de la côte ouest de Terre-Neuve a plutôt été caractérisée par des surfaces associées à des probabilités moindres de retrouver du capelan. Les prises de capelan des relevés du *NGCC Alfred Needler* dans le sud du golfe du Saint-Laurent démontrent clairement une expansion très importante du capelan dans cette région depuis le milieu des années 1990 (Figure 18). Les données de présence/absence de ces relevés associées à celles des relevés du nord du Golfe (Figure 19) ont permis de calculer des variogrammes (Figure 20) à l'aide du modèle sphérique pour les relevés réalisés entre 1990 et 1996 et en 1998 (Tableau 12). Le modèle exponentiel a été utilisé pour les autres relevés et dans tous les cas des coefficients de corrélation élevés ont été mesurés et aucune anisométrie n'a été détectée.

probabilities extended gradually in the east and the south-east of the area sampled during these surveys. However, in 2002, the area of the west coast of Newfoundland was rather characterized by surface areas associated with lower probabilities to find capelin. The capelin catches made during the *CCGS Alfred Needler* surveys in the southern Gulf of St. Lawrence clearly showed a very significant expansion of capelin in this area since the middle of the 1990s (Figure 18). The data on the presence/absence taken from these surveys used in conjunction with those of the surveys made in the northern Gulf (Figure 19) allowed us to calculate variograms (Figure 20) using the spherical model for the surveys carried out between 1990 and 1996 and in 1998 (Table 12). The exponential model was used for the other surveys and in all cases, high coefficients of correlation were measured and no anisometry was detected.

Les cartes des contours de surface démontrent aussi l'importante expansion du capelan dans le sud du Golfe (Figure 21). Les probabilités de retrouver du capelan ont cependant diminué dans d'autres régions. Par exemple, par rapport à la période 1990-2001, des diminutions ont été observées entre la côte ouest de Terre-Neuve et la Basse-Côte-Nord du Québec et sur la côte ouest de l'Île d'Anticosti (Figure 22).

The surface contour maps also show the significant expansion of capelin in the southern Gulf (Figure 21). The probabilities to find capelin however decreased in other regions. For example, compared to the 1990-2001 period, reductions were observed between the west coast of Newfoundland and the Quebec lower North Shore as well as the west coast of the Anticosti Island (Figure 22).

Les surfaces annuelles associées aux seuils de probabilités minimale de 50 % présentent une tendance nette à la hausse entre 1990 et 2002 (Figure 23A). Cette tendance est plus marquée pour les surfaces associées à l'ensemble du Golfe qu'à sa partie nord (incluant l'estuaire). Les probabilités moyennes de retrouver du capelan par unité de surface (25 km^2) présentent aussi une tendance à la hausse pour la même période

The annual surface areas associated with the minimum probability thresholds of 50% reveal a clear upward trend between 1990 and 2002 (Figure 23A). This trend is more evident for surface areas associated with the Gulf as a whole rather than those associated with its northern part (including the Estuary). The average probabilities to find capelin per unit of area (25 km^2) show also an upward trend for the same period (Figure

de temps (Figure 23B). Les probabilités moyennes sont plus élevées dans le cas de la partie nord du Golfe (incluant l'estuaire). Tous ces indices, à l'exception des probabilités moyennes pour l'estuaire et tout le golfe du Saint-Laurent, ont enregistré une légère baisse en 2002.

3.43 Point de vue de l'industrie

Les commentaires suivants proviennent de différents secteurs de l'industrie de la pêche au capelan de la côte ouest de Terre-Neuve. Ils concernent en particulier les points suivants : (1) Il n'est plus possible de prédire le moment de la ponte, et lorsque cette dernière est présente, elle se déroule rapidement. (2) Le capelan ne vient plus sur la plage, mais demeure au large, en eaux plus profondes. Parfois, des bancs de taille impressionnante sont observés à ces endroits. (3) La ponte se déroule de plus en plus tardivement. Du capelan a même été capturé très tard à l'automne 2002 et au début de l'hiver 2003. Des individus capturés à l'automne avaient des gonades matures. (4) L'état de l'abondance et de la taille du capelan s'est amélioré en 2002 comparativement à la situation présente au milieu des années 1990. (5) Les faibles débarquements observés depuis 1999 ont été causés par la perte des marchés traditionnels aux mains des Norvégiens et des Islandais et non par la taille ou la faible abondance du capelan. (6) Tôt en saison, le capelan constitue un énorme problème pour les crevettiers pêchant dans le chenal d'Esquiman. (7) L'état actuel de l'abondance de l'espèce ne justifie pas la fermeture de cette pêche. (8) Avant de développer davantage cette pêche, on demande au MPO un plus grand nombre d'études sur les changements de distribution et de ponte qui ont été observés depuis quelques années.

23B). The average probabilities are higher in the case of the northern Gulf (including the Estuary). All these indices, except the average probabilities for the Estuary and the Gulf as a whole, showed a light decrease in 2002.

3.43 Industry point of view

The following comments were made by various sectors of the capelin fishing industry of the west coast of Newfoundland. They relate in particular to the following points: (1) It is not possible any more to predict when spawning will occur, and when spawning takes place, it occurs quickly. (2) Capelin does not come any more on the beach, but remains offshore, in more deep water. Sometimes, schools of impressive size are observed at these locations. (3) Spawning is more and more lately. Capelin was even captured very late during the fall of 2002 and in the beginning of the winter of 2003. Individuals captured during the fall had mature gonads. (4) The status of the abundance and size of capelin improved in 2002 compared to the middle of the 1990s. (5) The low landings observed since 1999 have been caused by the fact that traditional markets fell into the hands of the Norwegians and the Icelanders, and not by the size or the low abundance of capelin. (6) Early in season, capelin is an enormous problem for the shrimpers operating in the Esquiman Channel. (7) The current status of the population abundance does not justify the closure of this fishery. (8) However, before further developing this fishery, the DFO is asked to perform a greater number of studies on the changes in distribution and spawning which have been observed for a few years.

Pour l'estuaire du Saint-Laurent, plusieurs commentaires font état de la présence du capelan au large et de l'absence depuis quelques années d'une ponte sur la plage. Les mêmes commentaires ont été émis pour la baie des Chaleurs où l'abondance et la ponte en eaux profondes sont de plus en plus importantes.

For the Estuary of St. Lawrence, several comments are expressed concerning the presence of capelin offshore and the absence for a few years of spawning on the beach. The same comments were expressed for the Bay of Chaleurs, where abundance and spawning in deep water are increasing significantly.

3.44 Consommation et prédation

Il existe peu d'informations récentes sur l'alimentation du capelan. Au milieu des années 1980, des études ont montré que ce dernier se nourrissait principalement de zooplancton (Figure 24). Il est aussi reconnu que l'activité alimentaire du capelan varie selon la saison. Ainsi, au moment de la fraie, l'alimentation cesse complètement, puis reprend graduellement par la suite.

3.44 Consumption and predation

A few recent information exist on capelin feeding. In the middle of the 1980s, surveys showed that capelin mainly eat zooplankton (Figure 24). It is also recognized that the feeding activity of capelin varies according to the season. Thus, at the time of spawning, feeding ceases completely to resume gradually thereafter.

Le capelan peut être une proie très importante de la morue. À Terre-Neuve (divisions 2J3KL), par exemple, le capelan est la proie principale de la morue (Lilly, 1991). Des contenus stomacaux prélevés dans le golfe du Saint-Laurent (divisions 4R et 4S) depuis 1993 montrent que le capelan y est important dans le régime alimentaire de la morue, sans y jouer un rôle aussi dominant que sur la côte est de Terre-Neuve. Comme à cet endroit, il y a sur la côte ouest de Terre-Neuve un fort lien entre la taille des morues et l'importance du capelan dans leur régime alimentaire (Figure 25). Les morues de moins de 20 cm en mangent peu, leur alimentation étant surtout composée d'invertébrés. De même, les plus grosses morues (> 70 cm) en mangent moins parce qu'elles recherchent des poissons de plus grande taille, comme des harengs (*Clupea harengus harengus*) et des poissons plats. Ce sont donc les morues de taille intermédiaire (20-70 cm) qui mangent le plus de capelan.

Capelin may be a very significant prey for cod. For example, capelin is the main prey of cod in Newfoundland (divisions 2J3KL) (Lilly, 1991). Stomach contents collected in the Gulf of St. Lawrence (divisions 4R and 4S) since 1993 show that capelin is a significant food resource for cod, but to a lesser extent than on the east coast of Newfoundland. As at this location, a strong link exists on the west coast of Newfoundland between the size of cods and the importance of capelin in their diet (Figure 25). Cods of less than 20 cm eat a few capelin, their feeding being especially made up of invertebrates. In the same way, larger cods (> 70 cm) eat fewer capelin because they seek for bigger size fish, like herrings (*Clupea harengus harengus*) and flatfish. Cods of intermediate size (20-70 cm) are thus the largest consumers of capelin.

La présence du capelan dans les contenus stomacaux de la morue varierait aussi selon la provenance des échantillons et le type ou la sélectivité des engins de pêche utilisés. Par exemple, pour les morues de 20-50 cm, la présence du capelan est plus importante dans les estomacs provenant des morues capturées au large par les pêches sentinelles mobiles que par le relevé scientifique au chalutage de fond du *NGCC Alfred Needler* qui couvre pourtant la même zone, mais avec un engin qui a une sélectivité différente (Figure 26). Cependant, ce sont dans les estomacs des morues échantillonnées près de la côte par les pêches sentinelles fixes que le capelan est le plus abondant.

The presence of capelin in cod stomach contents would also vary according to the site samples were collected and the type or selectivity of fishing gears. Thus, for the 20-50 cm group, more capelin was present in the stomachs of individuals captured offshore by mobile gear sentinel fisheries, compared to individuals captured during the *CCGS Alfred Needler* scientific surveys with bottom trawls conducted in the same area, but with a gear having a different selectivity (Figure 26). However, stomachs of cods sampled close to the coast by fixed gear sentinel fisheries showed the highest capelin content.

Même si la Figure 25 montre que parmi les morues qui mangent beaucoup de capelan (20-70 cm), ce sont les morues de 55 à 65 cm qui en mangent le plus. Un modèle écosystémique du nord du golfe du Saint-Laurent au milieu des années 80 a démontré que ce sont les petites morues (moins de 35 cm) qui consomment le plus de capelan (Figure 27). Cette contradiction apparente est due au fait qu'il y a beaucoup plus de petites que de grandes morues dans la population. Ce modèle indique aussi que les autres prédateurs importants du capelan dans le golfe du Saint-Laurent au milieu des années 1980 étaient les mammifères marins et le sébaste (*Sebastes* sp.). Un modèle similaire pour le milieu des années 1990 sera bientôt disponible.

Even though Figure 25 shows that cod ranging between 55 and 65 cm are those in the high capelin consumption group (cod ranging from 20 to 70 cm) that have the highest capelin consumption. An ecosystemic model of the northern Gulf of St. Lawrence for the middle of the 1980s revealed that small cod (less than 35 cm) are the largest consumers of capelin (Figure 27). However, this apparent contradiction is explained by the fact that there are much more small individuals than large individuals in the population. This model also indicates that the other significant predators of capelin in the Gulf of St. Lawrence in the middle of 1980s were marine mammals and redfish (*Sebastes* sp.). A similar model for the middle of the 1990s will be available soon.

4.0 CONCLUSION

4.0 CONCLUSION

Les variations récentes de la température de l'eau dans le golfe du Saint-Laurent semblent avoir affecté de façon significative différents aspects du cycle de vie de certains poissons commerciaux. Dans le cas du capelan, une diminution de la surface du

Recent variations of water temperature in the Gulf of St. Lawrence seem to have affected various aspects of the life cycle of some commercial fish to a significant degree. In the case of capelin, a reduction in the surface of the Magdalen Shallows covered by water

plateau Madelinien couverte par des eaux de moins de 1 °C (Drinkwater *et al.*, 2002) semble avoir un lien avec l'expansion de la distribution de l'espèce dans cette partie du golfe du Saint-Laurent (Figure 28). Sur la côte ouest de Terre-Neuve, un refroidissement des températures de l'eau pourrait être à l'origine de la réduction de taille qui a été observée au début des années 1990. Pour l'instant, on ne connaît pas l'impact de ces variations de température sur la mortalité naturelle, la production et le recrutement du capelan. De plus, il existe très peu d'information sur les sites de ponte traditionnels de même que sur les nouveaux qui seraient associés aux changements récents de la distribution de l'espèce.

colder than 1°C (Drinkwater *et al.*, 2002) would to be linked with the expansion of the distribution of the species in this part of the Gulf of St. Lawrence (Figure 28). On the west coast of Newfoundland, the cooling down of water temperatures would have caused the size reduction that was observed in the early 1990s. For the moment, the impact of these temperature variations on natural mortality, production and recruitment of capelin is unknown. Moreover, there are very few information on traditional spawning sites as well as on new ones which would be associated with recent changes in the distribution of the species.

4.1 Mortalité par la pêche

Même s'il n'est pas possible pour le moment d'estimer la mortalité par la pêche, cette dernière n'a probablement pas d'effets détectables sur la population au niveau actuel des captures. Il est par contre impossible d'estimer l'impact d'une augmentation importante des captures sur la population et le reste de l'écosystème, puisque les fluctuations d'abondance du capelan sont causées avant tout par des facteurs d'ordre naturel. Comme la durée de vie de l'espèce est brève, son abondance est sujette à des changements brusques, puisque la population n'est constituée que de quelques groupes d'âge. En raison des marchés, l'effort de pêche peut être fortement corrélé à la taille des capelans femelles. L'intérêt de l'industrie est plus grand pour les régions où les conditions environnementales sont plus favorables à la croissance. Ceci explique la faible demande pour le capelan des divisions 4S et 4T.

4.1 Fishing mortality

Even though it is not currently possible to estimate fishing mortality, this mortality probably does not have detectable impacts on the population at the current level of capture. However, it is impossible to estimate the impact that a significant increase in captures would have on the population and the rest of the ecosystem as variations in capelin abundance are caused above all by natural factors. As this species has a short lifespan, its abundance is prone to abrupt changes because the population is only made up of some age groups. Because of the markets, the fishing effort can be strongly correlated with the size of females. The interest of the industry is greater for regions where the environmental conditions are more favourable to capelin growth. This explains the low demand for capelin in divisions 4S and 4T.

5.0 RECOMMANDATIONS

- Chez le capelan, le fait marquant des dernières années concerne les changements dramatiques qui ont été observés dans la croissance, la ponte et la distribution de l'espèce. Des changements dans l'environnement du golfe du Saint-Laurent se sont produits au même moment de sorte qu'il pourrait exister des liens étroits entre ces derniers et les événements qui se sont produits chez le capelan. Des études concernant le rôle de l'environnement sur la biologie et l'écologie de cette espèce devraient être entreprises rapidement.

- Même si la pêche a probablement peu d'impact sur l'abondance du capelan, nous recommandons pour l'instant le maintien du niveau actuel des TAC pour les divisions 4R et 4ST en raison d'un manque de connaissances sur la biologie de l'espèce et de son rôle dans l'écosystème marin.

5.0 RECOMMENDATIONS

- For capelin, the main event that occurred over the last years relates to the dramatic changes affecting the growth, spawning and distribution of the species. As the environment of the Gulf of St. Lawrence also undergo changes at the same time, close links between these changes and the events that affected capelin could exist. Studies concerning the impact of the environment on the biology and the ecology of this species should be undertaken quickly.

- Even if the fishery has probably little impact on the abundance of capelin, we recommend for the moment that the current levels of TAC be maintained for divisions 4R and 4ST due to the lack of knowledge on the biology of this species and on its role in the marine ecosystem.

6.0 REMERCIEMENTS

Les auteurs aimeraient remercier très sincèrement Alain Fréchet et Bernard Morin pour la révision du document, de même que Renée Morneau, Madeleine Beaudoin, Georgette Lévesque et Jerry Lavers qui se sont chargés de l'échantillonnage commercial. Enfin, de très sincères remerciements vont aussi au Dr. Ken Drinkwater pour avoir mis à notre disposition l'indice des températures du sud du Golfe et pour tous ses judicieux conseils concernant certaines analyses statistiques.

6.0 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to express very sincere thanks to Alain Fréchet and Bernard Morin for reviewing this document, as well as Renée Morneau, Madeleine Beaudoin, Georgette Lévesque and Jerry Lavers that assumed commercial sampling work. Finally, they would also express very sincere thanks to Dr. Ken Drinkwater that allowed us to use the index of temperatures of the southern Gulf and for all its valuable advises concerning certain statistical analyses.

7.0 RÉFÉRENCES / *REFERENCES*

Beaulieu, J.-L. 2001. Description de la pêche au capelan (*Mallotus villosus*) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (divisions 4RST) pour 1999 et 2000. SCCS Document de recherche 2001/048. 56 p.

Biorex. 1988. Faisabilité de l'exploitation des euphausides dans l'ouest du golfe du Saint-Laurent. Programme de développement de l'Est du Québec. 73 p.

Drinkwater, K. F., R. Pettipas, and L. Petrie. 2002. Physical environmental conditions in the southern Gulf of St. Lawrence during 2001. DFO CSAS Res. Doc. 2002/047. 40 p.

Frank, K. 1997. Scotian Shelf capelin. Fisheries and Oceans. Maritimes Region. Stock Status Report B3-06, 3 p.

Grégoire, F., S. Hurtubise, D. Archambault, R. Morneau et H. Bouchard. 1995. Analyse des données de pêche et de recherche sur le capelan (*Mallotus villossus*) du golfe du Saint-Laurent. MPO Pêches de l'Atlantique. Document de Recherche 95/55. 64 p.

Grégoire, F. et S. Hurtubise. 1996. Les prises accessoires de capelan (*Mallotus villosus*) dans le golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 1995. MPO Pêches de l'Atlantique. Document de recherche 96/55. 59 p.

Grégoire, F., C. Lévesque et H. Bouchard. 1996. La situation du capelan (*Mallotus villosus*) de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent en 1995. MPO Pêches de l'Atlantique. Document de recherche 96/54. 75 p.

Grégoire, F., C. Lévesque et J. Hudon. 1997a. Description of the capelin (*Mallotus villosus*) fishery in the Estuary and Gulf of St. Lawrence, 1996. DFO Atlantic Fisheries. Res. Doc. 97/15. 52 p.

Grégoire, F., G. Poirier, G. Chouinard et C. Lévesque. 1997b. Prises accessoires, débarquements et abondance du capelan (*Mallotus villossus*) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. MPO Pêches de l'Atlantique. Document de recherche 97/122. 61 p.

Grégoire, F., C. Lévesque, G. Poirier et C. Leblanc. 1999. Prises et débarquements de capelan (*Mallotus villossus*) dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en 1998. MPO Pêches de l'Atlantique. Document de recherche 99/09. 84 p.

Grégoire, F., H. Bourdages et J. Roy. 2002. Production d'un indice de dispersion pour le capelan (*Mallotus villosus*) de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent par le krigeage d'indicatrice. Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. Aquat. 2418 :vi + 21 p.

Lilly, G. R. 1991. Interannual variability in predation by cod (*Gadus morhua*) on capelin (*Mallotus villosus*) and other prey off southern Labrador and northeastern Newfoundland. ICES Mar. Sci. Symp. 193:133-146.

Jangaard, P.M. 1974. Le capelan (*Mallotus villossus*) : Biologie, distribution, exploitation, utilisation et composition. Bulletin de l'office des recherches sur les pêcheries du Canada. 186F : 73 p.

Morrisette, L., S.-P. Despatie, M.O. Hammill, C. Savenkoff, and H. Bourdages. 2003. Data gathering and input parameters to construct ecosystem models for the northern Gulf of St. Lawrence (mid-1980s). Can. Tech. Report of Fish. and Aquat. Sciences (sous presse / in press).

Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191E: 382 p.

Robertson, G.P. 1998. GS$^+$: Geostatistics for the Environmental Sciences. Gamma Design Software. Plainwell, Michigan, USA. 152 p.

Tableau 1. Débarquements* (t) commerciaux de capelan enregistrés dans les divisions 4RST de l'OPANO depuis 1960.

Table 1. Commercial landings (t) of capelin recorded in NAFO Divisions 4RST since 1960.*

ANNÉE / *YEAR*	DIVISION			TOTAL
	4R	4S	4T	
1960	600	46	32	**678**
1961	424	50	90	**564**
1962	514	4	143	**661**
1963	444	13	94	**551**
1964	563	33	101	**697**
1965	755	50	100	**905**
1966	735	88	43	**866**
1967	724	39	150	**913**
1968	734	30	32	**796**
1969	1 394	92	82	**1 568**
1970	339	75	42	**456**
1971	403	15	46	**464**
1972	370	41	126	**537**
1973	270	84	75	**429**
1974	180	113	128	**421**
1975	68	94	105	**267**
1976	92	48	336	**476**
1977	1 514	69	318	**1 901**
1978	8 341	37	1 323	**9 701**
1979	5 737	1 132	2 163	**9 032**
1980	1 939	15	1 566	**3 520**
1981	2 164	1	237	**2 402**
1982	156	2	235	**393**
1983	920	0	104	**1 024**
1984	1 907	0	180	**2 087**
1985	2 574	0	488	**3 062**
1986	3 744	0	1	**3 745**
1987	907	0	67	**974**
1988	4 714	129	249	**5 092**
1989	8 512	1 078	444	**10 034**
1990	6 205	164	153	**6 522**
1991	7 166	59	247	**7 472**
1992	8 605	856	56	**9 517**
1993	6 739	1 263	236	**8 238**
1994	592	208	166	**966**
1995	15	90	47	**152**
1996	6 265	461	172	**6 898**
1997	7 399	252	238	**7 889**
1998	8 764	141	893	**9 799**
1999	4 735	10	166	**4 911**
2000	5 129	0	0	**5 129**
2001	741	0	0	**741**
2002**	3 295	7	0	**3 302**

* De 1960 à 1978: CIPANO Bulletins Statistiques Vol. 10 à 28; De 1979 à 1993: OPANO Bulletins Statistiques Vol. 29 à 43; depuis 1994, les données proviennent des fichiers ZIFF (Zonal Interchange File Format) annuels /
From 1960 to 1978: ICNAF Statistical Bulletins Vol. 10 to 28; From 1979 to 1993: NAFO Statistical Bulletins Vol. 29 to 43; since 1994, data are from the annual ZIFF (Zonal Interchange File Format) files.

** Données préliminaires (les fichiers ZIFF de 1994 à 2001 sont finaux) / *Preliminary data (ZIFF files from 1994 to 2001 are final)*

Tableau 2. Estuaire et golfe du Saint-Laurent: Débarquements (t) de capelan par division de l'OPANO et engin de pêche pour la période 1990-2002.

Table 2. Estuary and Gulf of St. Lawrence: Capelin landings (t) by NAFO Division and fishing gear for the 1990-2002 period.

DIVISION ENGIN / *GEAR*	ANNÉE / *YEAR*													MOYENNE / *AVERAGE*
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002*	(1990-2001)
4R	6 205	7 166	8 605	6 739	592	15	6 265	7 399	8 764	4 735	5 129	741	3 295	5 196
TAC 4R	*20 000*	*18 000*	*4 025*	*9 025*	*10 000*	*10 000*	*8 400*	*10 000*	*10 000*	*10 700*	*10 700*	*10 700*	*10 700*	
4S	164	59	856	1 263	208	90	461	252	141	10	0	0	7	292
4T	153	247	56	236	166	47	172	238	893	166	0	0	0	198
TAC 4ST	*5 000*	*3 300*	*1 725*	*1 725*	*1 725*	*1 725*	*1 450*	*1 725*	*1 725*	*1 725*	*1 725*	*1 725*	*1 725*	
Seine Plage / *Beach Senne*	458	149	12	0	13	15	0	0	0	0	0	0	0	54
Seine Bourse / *Purse Senne*	4 215	7 014	7 517	6 827	649	0	5 479	6 511	7 232	4 901	5 128	741	3 295	4 684
Trappe / *Trap*	1 720	181	1 921	1 283	210	103	1 306	1 203	2 509	11	1	0	7	871
Fascine / *Weir*	129	127	56	128	94	34	113	175	57	0	0	0	0	76
Chalut / *Trawl*	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Divers / *Others*	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	6 522	7 472	9 517	8 238	966	152	6 898	7 889	9 799	4 911	5 129	741	3 302	5 686

* Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 3. Côte ouest de Terre-Neuve: Débarquements (t) de capelan par zone unitaire de l'OPANO pour la période 1990-2002.

Table 3. West coast of Newfoundland: Capelin landings (t) by NAFO unit area for the 1990-2002 period.

ZONE UNITAIRE / *UNIT AREA*	ANNÉE / *YEAR*													MOYENNE / *AVERAGE*
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002*	(1990-2001)
4Ra	1 959	154	1 554	73	10	15	605	734	1 827	29	0	0	107	580
4Rb	479	82	1 506	469	265	0	1 841	2 480	3 814	1 675	356	0	731	1 081
4Rc	925	4 907	4 675	4 264	245	0	3 364	4 171	2 541	3 031	4 773	605	2 457	2 792
4Rd	104	2 023	117	1 933	72	0	430	14	581	0	0	136	0	451
NK**	2 739	0	754	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	293
TOTAL	6 205	7 166	8 605	6 739	592	15	6 265	7 399	8 764	4 735	5 129	741	3 295	5 196

* Préliminaire / *Preliminary*; ** Non spécifié / *Not determined*

Tableau 4. Débarquements (t) mensuels de capelan et TAC pour la division 4R de l'OPANO.
Table 4. Monthly landings (t) of capelin and TAC for NAFO Division 4R.

ANNÉE / *YEAR*	MOIS / *MONTH*										TOTAL	TAC
	MARS / *MARCH*	AVRIL / *APRIL*	MAI / *MAY*	JUIN / *JUNE*	JUILLET / *JULY*	AOÛT / *AUGUST*	SEPT.	OCT.	NOV.	INC* / *NK*		
1960										600	**600**	
1961				298	103	23					**424**	
1962				246	255	13					**514**	
1963				417	27						**444**	
1964				405	116	42					**563**	
1965				374	262	119					**755**	
1966				364	311	60					**735**	
1967				487	222	15					**724**	
1968				388	289	57					**734**	
1969				613	781						**1 394**	
1970			2	139	184	14					**339**	
1971				237	166						**403**	
1972				49	209	112					**370**	
1973				172	79	19					**270**	
1974		43	87	44	6						**180**	
1975				59	9						**68**	
1976				59	33						**92**	
1977			248	1 210	49	7					**1 514**	
1978			394	7 853	93	1					**8 341**	
1979			4 712	1 018	7						**5 737**	
1980			1 389	489	61						**1 939**	
1981	4			1 983	101	76					**2 164**	*20 000*
1982				47	105			4			**156**	*20 000*
1983			113	563	179	65					**920**	*20 000*
1984				1 508	399						**1 907**	*20 000*
1985				2 385	36	153					**2 574**	*20 000*
1986				3 497	74	1				172	**3 744**	*20 000*
1987				866	37	2	2				**907**	*20 000*
1988				1 820	2 835	59					**4 714**	*20 000*
1989			947	7 563	2						**8 512**	*20 000*
1990				2 170	4 005	30					**6 205**	*20 000*
1991				5 136	1 869	145	16				**7 166**	*18 000*
1992				5 460	3 145						**8 605**	*4 025*
1993				6 686	53						**6 739**	*9 025*
1994				87	504	1					**592**	*10 000*
1995					15						**15**	*10 000*
1996				5 592	673						**6 265**	*8 400*
1997				5 503	1 896						**7 399**	*10 000*
1998				7 069	1695						**8 764**	*10 000*
1999			5	4 556	174						**4 735**	*10 700*
2000				4 806	324						**5 129**	*10 700*
2001				741							**741**	*10 700*
2002**				2 693	602						**3 295**	*10 700*

* Le mois n'est pas connu / *Month not known*

** Données préliminaires / *Preliminary data*

Tableau 5. Débarquements (t) mensuels de capelan et TAC pour la division 4S de l'OPANO.
Table 5. Monthly landings (t) of capelin and TAC for NAFO Division 4S.

ANNÉE / *YEAR*	MOIS / *MONTH*										TOTAL	TAC
	MARS / *MARCH*	AVRIL / *APRIL*	MAI / *MAY*	JUIN / *JUNE*	JUILLET / *JULY*	AOÛT / *AUGUST*	SEPT.	OCT.	NOV.	INC* / *NK*		
1960			28	9	9						46	
1961			18	25	6	1					50	
1962				4							4	
1963			7	6							13	
1964			7	2	24						33	
1965**	1	3	14	25	1		1	2	1		50	
1966			65	21	1	1					88	
1967		3		36							39	
1968				26	4						30	
1969			13	71	8						92	
1970		2	26	47							75	
1971			2	13							15	
1972			7	34							41	
1973			58	26							84	
1974			82	28	3						113	
1975			56	37	1						94	
1976			33	15							48	
1977			37	32							69	
1978				37							37	
1979			1	1 131							1 132	
1980				3	12						15	
1981			1								1	*5 000*
1982		1	1								2	*5 000*
1983											0	*5 000*
1984											0	*5 000*
1985											0	*5 000*
1986											0	*5 000*
1987											0	*5 000*
1988			5	88	36						129	*5 000*
1989				273	800	5					1 078	*5 000*
1990				22	75	22	22	23			164	*5 000*
1991		1	45	5	7	1					59	*3 300*
1992			1	1	845	9					856	*1 725*
1993				8	1 249	6					1 263	*1 725*
1994		1			200	8					208	*1 725*
1995					86	4					90	*1 725*
1996		2	2	220	196	41					461	*1 450*
1997		2	24	149	77						252	*1 725*
1998			14	3	124						141	*1 725*
1999				10							10	*1 725*
2000											0	*1 725*
2001											0	*1 725*
2002***					7						7	*1 725*

* Le mois n'est pas connu / *Month not known;* ** Dont 1 t en février et 1 t en décembre / *With 1 t in February and 1 t in December.*

*** Données préliminaires / *Preliminary data.*

Tableau 6. Débarquements (t) mensuels de capelan et TAC pour la division 4T de l'OPANO.
Table 6. Monthly landings (t) of capelin and TAC for NAFO Division 4T.

ANNÉE / *YEAR*	MOIS / *MONTH*										TOTAL	TAC******
	MARS / *MARCH*	AVRIL / *APRIL*	MAI / *MAY*	JUIN / *JUNE*	JUILLET / *JULY*	AOÛT / *AUGUST*	SEPT.	OCT.	NOV.	INC* / *NK*		
1960			26	6							32	
1961		1	72	16	1						90	
1962			130	13							143	
1963			86	8							94	
1964		4	77	19	1						101	
1965**								9	6		100	
1966***		1	5	4	6	4	6	9	6		43	
1967			113	37							150	
1968		2	14	13	1		2				32	
1969			81	1							82	
1970		8	28	6							42	
1971		5	33	8							46	
1972		2	106	15	1				2		126	
1973			56	15	4						75	
1974			117	11							128	
1975		4	93	8							105	
1976****	5		228	67	1		24	9			336	
1977		2	68	245	3						318	
1978		32	81	1 209		1					1 323	
1979		13	375	1 775							2 163	
1980			62	1 428	75	1					1 566	
1981		28	173	17	19						237	*5 000*
1982		110	78	40	1			1	5		235	*5 000*
1983		4	79	6	4			11			104	*5 000*
1984			180								180	*5 000*
1985		41	214	233							488	*5 000*
1986			1								1	*5 000*
1987		30	33	4							67	*5 000*
1988		32	92	110					15		249	*5 000*
1989		18	307	119							444	*5 000*
1990	12	16	72	53							153	*5 000*
1991		10	121	115	1						247	*3 300*
1992		2	31	23							56	*1 725*
1993		2	77	157							236	*1 725*
1994		1	42	108	15						166	*1 725*
1995		5	15	16	11						47	*1 725*
1996		20	69	79	0.2	3	0.4	0.1	0.1		172	*1 450*
1997		61	88	71	18	0					238	*1 725*
1998		18	22	701	136	17					894	*1 725*
1999				166							166	*1 725*
2000											0	*1 725*
2001											0	*1 725*
2002*****											0	

* Le mois n'est pas connu / *Month not known.*

** Dont 15 t en déc., 38 t en jan. et 32 t en fév. / *With 15 t in Dec., 38 t in Jan., and 32 t in Feb.*

*** Dont 1 t en déc. et 1 t en fév. / *With 1 t in Dec., and 1 t in Feb.*

**** Dont 2 t en fév. / *With 2 t in Feb.*

***** Données préliminaires / *Preliminary data.* ****** Les divisions 4S et 4T partagent le même TAC / *Divisions 4S and 4T share the same TAC.*

Tableau 7. Prises de capelan (kg) enregistrées par des observateurs* dans les divisions 4RST de l'OPANO depuis 1991.

Table 7. Capelin catches (kg) recorded by observers in NAFO Divisions 4RST since 1991.*

ANNÉE / *YEAR*	NAVIRE / *VESSEL*	TRAITS / *SETS*	ESPÈCES RECHERCHÉES / *SPECIES SOUGHT* (kg)						TOTAL
			Morue / *Cod*	Sébaste / *Redfish*	Turbot / *Greenland Halibut***	Plies canadienne et grise / *American place and Witch*	Crevette / *Shrimp*	Autres / *Others*	
1991	56	564	665	115		38	12 924		**13 742**
1992	76	1 081	1 641	335	1		19 176		**21 153**
1993	69	947	335	433		1	12 646		**13 415**
1994	31	500	49	113		50	11 055	17	**11 284**
1995	19	355				22	5 768	1	**5 791**
1996	10	170	15				860	100	**975**
1997	41	936	4				18 259	45	**18 308**
1998	55	889	5		2	2	14 992	3	**15 004**
1999	46	978	1		1		6 296		**6 298**
2000	56	1 045	8		6		5 814		**5 828**
2001	46	847	4		1		2 088		**2 093**
2002	46	879	21	2			7 477		**7 500**
						Total:	**117 355**		**121 391**

* Seulement pour les traits avec du capelan / *Only for the sets with capelin.*

** L'espèce la plus importante dans un trait est aussi définie comme principale espèce recherchée / *The most important species in a set is also defined as the main species sought.*

Tableau 8. Nombre de fréquences de longueur recueillies et de capelans mesurés par des échantillonneurs depuis 1985.

Table 8. Number of length frequencies and capelin measured by port samplers since 1985.

ANNÉE / *YEAR*	DIVISION	FEMELLE / *FEMALE*		MÂLE / *MALE*		TOTAL	
		# ECHANTILLONS / *SAMPLES*	# POISSONS / *FISH*	# ECHANTILLONS / *SAMPLES*	# POISSONS / *FISH*	# ECHANTILLONS / *SAMPLES* *	# POISSONS / *FISH*
1985	4R	7	1 247	7	707	7	1 954
	4S	0	0	0	0	0	0
	4T	1	264	1	111	1	375
1986	4R	12	1 969	12	1 103	12	3 072
	4S	5	361	5	802	5	1 163
	4T	7	180	8	1 897	8	2 077
1987	4R	3	507	3	319	3	826
	4S	3	38	3	702	3	740
	4T	7	176	7	1 590	7	1 766
1988	4R	17	2 404	17	2 067	17	4 471
	4S	9	580	9	1 510	9	2 090
	4T	15	798	17	3 612	17	4 410
1989	4R	10	1 413	10	1 067	10	2 480
	4S	5	250	5	1 075	5	1 325
	4T	6	139	6	1 382	6	1 521
1990	4R	10	1 355	10	1 228	10	2 583
	4S	15	1 281	17	3 190	17	4 471
	4T	28	1 579	28	5 867	28	7 446
1991	4R	7	950	8	1 084	8	2 034
	4S	13	392	14	3 248	14	3 640
	4T	11	771	11	2 055	11	2 826
1992	4R	9	1 238	9	1 064	12	2 302
	4S	12	641	12	2 489	10	3 130
	4T	8	754	10	1 801	10	2 555
1993	4R	12	2 058	12	1 084	12	3 142
	4S	9	706	10	1 912	10	2 618
	4T	5	349	5	904	5	1 253
1994	4R	1	167	1	89	1	256
	4S	7	580	10	2 031	10	2 611
	4T	6	850	7	688	7	1 538
1995	4R	2	24	2	576	2	600
	4S	13	694	15	3 639	15	4 333
	4T	10	1 050	11	1 903	11	2 953
1996	4R	11	1 690	11	1 305	11	2 995
	4S	13	2 325	15	3 870	15	6 195
	4T	12	1 217	15	2 588	15	3 805

Tableau 8. (Suite).

Table 8. (Continued).

ANNÉE / *YEAR*	DIVISION	FEMELLE / *FEMALE*		MÂLE / *MALE*		TOTAL	
		# ECHANTILLONS / *SAMPLES*	# POISSONS / *FISH*	# ECHANTILLONS / *SAMPLES*	# POISSONS / *FISH*	# ECHANTILLONS / *SAMPLES* *	# POISSONS / *FISH*
1997	**4R**	10	1 189	10	1 386	10	2 575
	4S	28	1 471	28	5 851	28	7 322
	4T	24	2 249	24	4 184	24	6 433
1998	**4R**	8	1 067	8	970	8	2 037**
	4S	8	579	8	1 501	8	2 080
	4T	5	966	5	393	5	1 359
1999	**4R**	14	2 587	14	1 285	14	4 129***
	4S	2	308	2	207	2	515
	4T	8	1 275	8	937	8	2 212
2000	**4R**	6	697	6	856	6	1 993****
	4S	0	0	0	0	0	0
	4T	2	31	3	522	3	553
2001	**4R**	2	289	2	189	2	478
	4S						0
	4T						0
2002	**4R**	7	797	7	1098	7	1 895
	4S						0
	4T						0

* Deux fréquences de longueur (femelle et mâle) par échantillon / *Two length frequencies (female and male) by sample.*

** Non inclus: un échantillon de 208 capelans sexe non identifié / *Not included: one sample of 208 capelin not sexed.*

*** Non inclus: un échantillon de 257 capelans sexe non identifié / *Not included: one sample of 257 capelin not sexed.*

**** Non inclus: un échantillon de 440 capelans sexe non identifié / *Not included: one sample of 440 capelin not sexed.*

Tableau 9. Nombre de capelans analysés au laboratoire depuis 1985.

Table 9. Number of capelin analysed in the laboratory since 1985.

ANNÉE / *YEAR*	DIVISION	MOIS / *MONTH*					TOTAL
		AVRIL / *APRIL*	MAI / *MAY*	JUIN / *JUNE*	JUILLET / *JULY*	AUTRE / *NOT KNOWN*	
1985	4R		36	199			235
	4T	31					31
1986	4R		11	153			164
	4S		62				62
	4T	43	14	40			97
1987	4R	37		77			114
	4S			24	56		80
	4T	24	51	97			172
1988	4R		20	318	79	95	512
	4S		38	141		9	188
	4T	20	93	232		30	375
1989	4R					200	200
	4S					400	400
	4T					200	200
1990	4R			65	112		177
	4S		54	59	109		222
	4T		158	47			205
1991	4R	16	21	84	8		129
	4S		124	32	17		173
	4T		29	128			157
1992	4R			115	54		169
	4S		12	39	29		80
	4T		63	49			112
1993	4R			150	52		202
	4S			559	68		627
	4T			233			233
1994	4R				17		17
	4S			404	163		567
	4T		56	180			236
1995	4R				62		62
	4S		12	89	63		164
	4T		26	100			126
1996	4R			153	17		170
	4S		38	73	54		165
	4T	27	49	70	24		170
1997	4R			135	34		169
	4S		47	213	76		336
	4T		110	200	29		339

Tableau 9. (Suite).

Table 9. (Continued).

ANNÉE / *YEAR*	DIVISION	MOIS / *MONTH*					TOTAL
		AVRIL / *APRIL*	MAI / *MAY*	JUIN / *JUNE*	JUILLET / *JULY*	AUTRE / *NOT KNOWN*	
1998	**4R**			143			**143**
	4S			62	61		**123**
	4T		28	24			**52**
1999	**4R**			404			**404**
	4S			15	21		**36**
	4T	15	49	35	1		**100**
2000	**4R**	500		161			**661**
	4S						
	4T			21	37		**58**
2001	**4R**			54			**54**
	4S						
	4T						
2002	**4R**			150	54		**204**
	4S						
	4T						

Tableau 10. Paramètres des variogrammes isotropiques des relevés de l'évaluation d'abondance des poissons de fond du *Lady Hammond* entre 1984 et 1989.

Table 10. Parameters of the isotropic variograms for the Lady Hammond groundfish abundance assessment surveys realised between 1984 and 1989.

ANNÉE / *YEAR*	**MODÈLE / *MODEL*****	Pépite / *Nugget* (C_0)	Plateau / *Sill* ($C_0 + C$)	Portée / *Range* (A_0)	R^2	**SCR / *RSS****
1984	Sphérique / *Spherical*	0.046	0.167	271	0.935	5.987E-04
1985	Sphérique / *Spherical*	0.081	0.173	261	0.904	7.234E-04
1986	Sphérique / *Spherical*	0.109	0.219	157	0.939	9.422E-04
1987	Sphérique / *Spherical*	0.138	0.277	548	0.915	1.229E-03
1988	Sphérique / *Spherical*	0.054	0.313	798	0.930	2.553E-03
1989	Sphérique / *Spherical*	0.001	0.450	613	0.960	7.073E-03

* Somme des résidus au carré / *Residual sum of squares;* ** Voir Annexe 2 / *See Appendix 2*

Tableau 11. Paramètres des variogrammes isotropiques des relevés de l'évaluation d'abondance des poissons de fond du *NGCC Alfred Needler* dans le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002.

Table 11. Parameters of the isotropic variograms for the CCGV Alfred Needler groundfish abundance assessment surveys realised in the northern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002.

ANNÉE / *YEAR*	**MODÈLE / *MODEL*****	Pépite / *Nugget* (C_0)	Plateau / *Sill* ($C_0 + C$)	Portée / *Range* (A_0)	R^2	**SCR / *RSS****
1990	Sphérique / *Spherical*	0.049	0.360	482	0.982	1.651E-03
1991	Sphérique / *Spherical*	0.148	0.332	683	0.968	9.338E-04
1992	Sphérique / *Spherical*	0.101	0.329	520	0.972	1.181E-03
1993	Sphérique / *Spherical*	0.134	0.275	376	0.972	3.882E-04
1994	Sphérique / *Spherical*	0.055	0.304	408	0.989	4.319E-04
1995	Exponentiel / *Exponential*	0.092	0.416	443	0.988	5.822E-04
1996	Sphérique / *Spherical*	0.086	0.293	620	0.976	9.943E-04
1997	Exponentiel / *Exponential*	0.115	0.255	116	0.916	7.191E-04
1998	Sphérique / *Spherical*	0.123	0.298	482	0.971	7.544E-04
1999	Exponentiel / *Exponential*	0.059	0.292	202	0.964	1.199E-03
2000	Sphérique / *Spherical*	0.082	0.216	339	0.970	3.716E-04
2001	Sphérique / *Spherical*	0.120	0.195	162	0.649	1.804E-03
2002	Sphérique / *Spherical*	0.141	0.315	750	0.972	8.066E-04

* Somme des résidus au carré / *Residual sum of squares;* ** Voir Annexe 2 / *See Appendix 2*

Tableau 12. Paramètres des variogrammes isotropiques des relevés de l'évaluation d'abondance des poissons de fond du *NGCC Alfred Needler* dans le nord et le sud du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002.

Table 12. Parameters of the isotropic variograms for the CCGV Alfred Needler groundfish abundance assessment surveys realised in the northern and southern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002.

ANNÉE / *YEAR*	**MODÈLE / *MODEL*****	Pépite / *Nugget* (C_0)	Plateau / *Sill* ($C_0 + C$)	Portée / *Range* (A_0)	R^2	**SCR / *RSS****
1990	Sphérique / *Spherical*	0.013	0.383	664	0.978	2.836E-03
1991	Sphérique / *Spherical*	0.079	0.328	565	0.982	1.306E-03
1992	Sphérique / *Spherical*	0.086	0.322	530	0.992	4.824E-04
1993	Sphérique / *Spherical*	0.109	0.329	572	0.992	2.827E-04
1994	Sphérique / *Spherical*	0.094	0.324	496	0.994	2.200E-04
1995	Sphérique / *Spherical*	0.111	0.319	538	0.988	4.850E-04
1996	Sphérique / *Spherical*	0.099	0.317	480	0.996	1.594E-04
1997	Exponentiel / *Exponential*	0.133	0.291	152	0.952	4.740E-04
1998	Sphérique / *Spherical*	0.092	0.331	545	0.994	2.699E-04
1999	Exponentiel / *Exponential*	0.094	0.284	146	0.930	1.222E-03
2000	Exponentiel / *Exponential*	0.099	0.305	244	0.976	6.135E-04
2001	Exponentiel / *Exponential*	0.087	0.280	130	0.960	5.588E-04
2002	Exponentiel / *Exponential*	0.106	0.248	60	0.948	4.836E-04

* Somme des résidus au carré / *Residual sum of squares;* ** Voir Annexe 2 / *See Appendix 2*

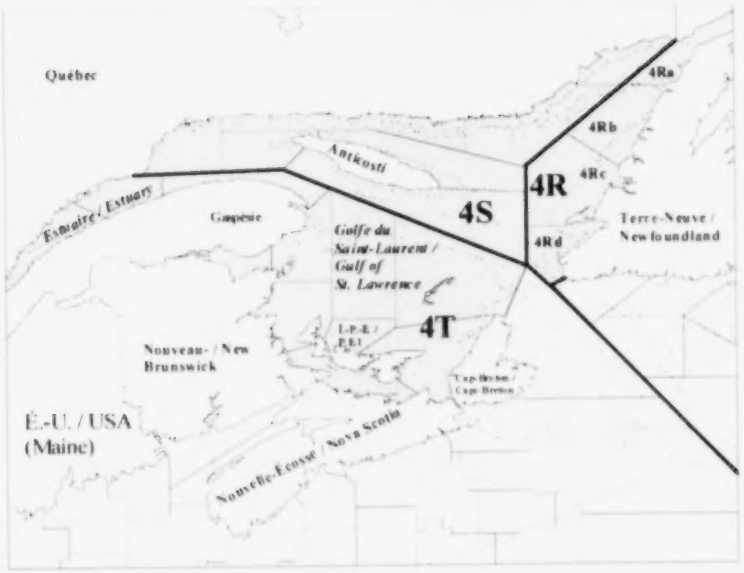


Figure 1. Carte des divisions 4RST de l'OPANO et des zones unitaires de la côte ouest de Terre-Neuve associées à la pêche au capelan / *Map of NAFO Divisions 4RST and unit areas associated with the capelin fishery on Newfoundland's west coast.*

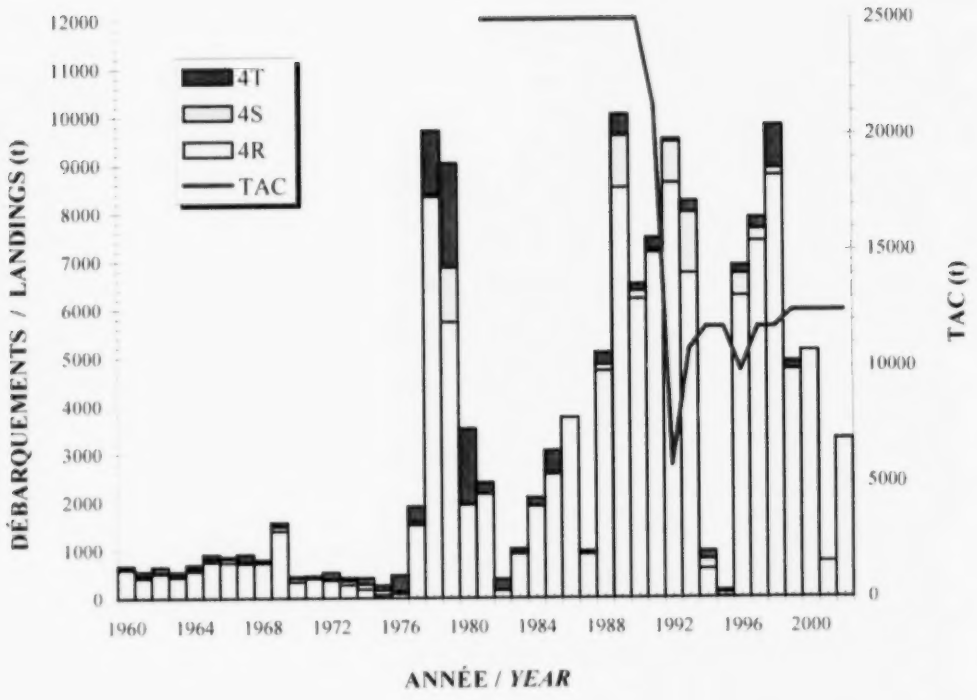


Figure 2. Débarquements et TAC (t) de capelan pour les divisions 4RST de l'OPANO (estuaire et golfe du Saint-Laurent) entre 1960 et 2002 / *Capelin landings and TAC (t) for NAFO Divisions 4RST (Estuary and Gulf of St. Lawrence) between 1960 and 2002.*

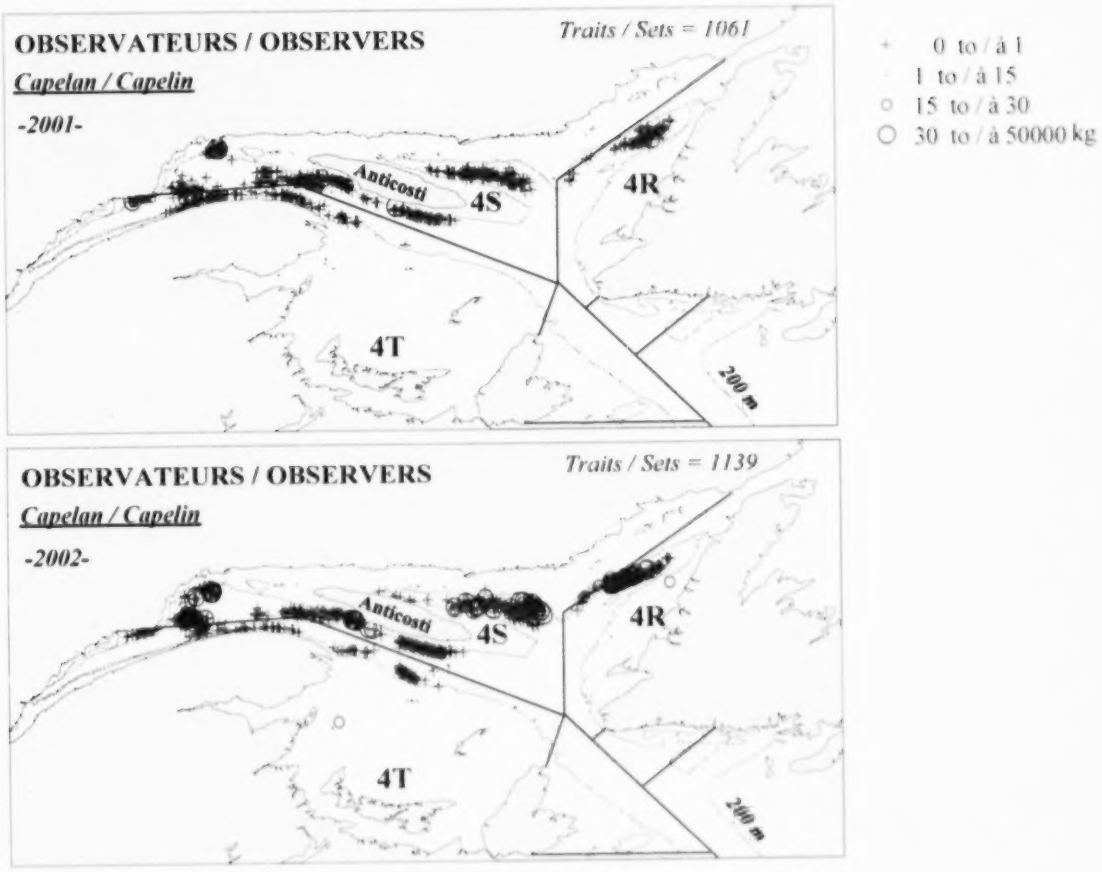


Figure 3. Prises (kg) de capelan enregistrées par des observateurs pour tous les traits couverts sur des crevettiers en 2001 et 2002 / *Capelin catches (kg) recorded by observers for all the sets covered on shrimpers in 2001 and 2002.*

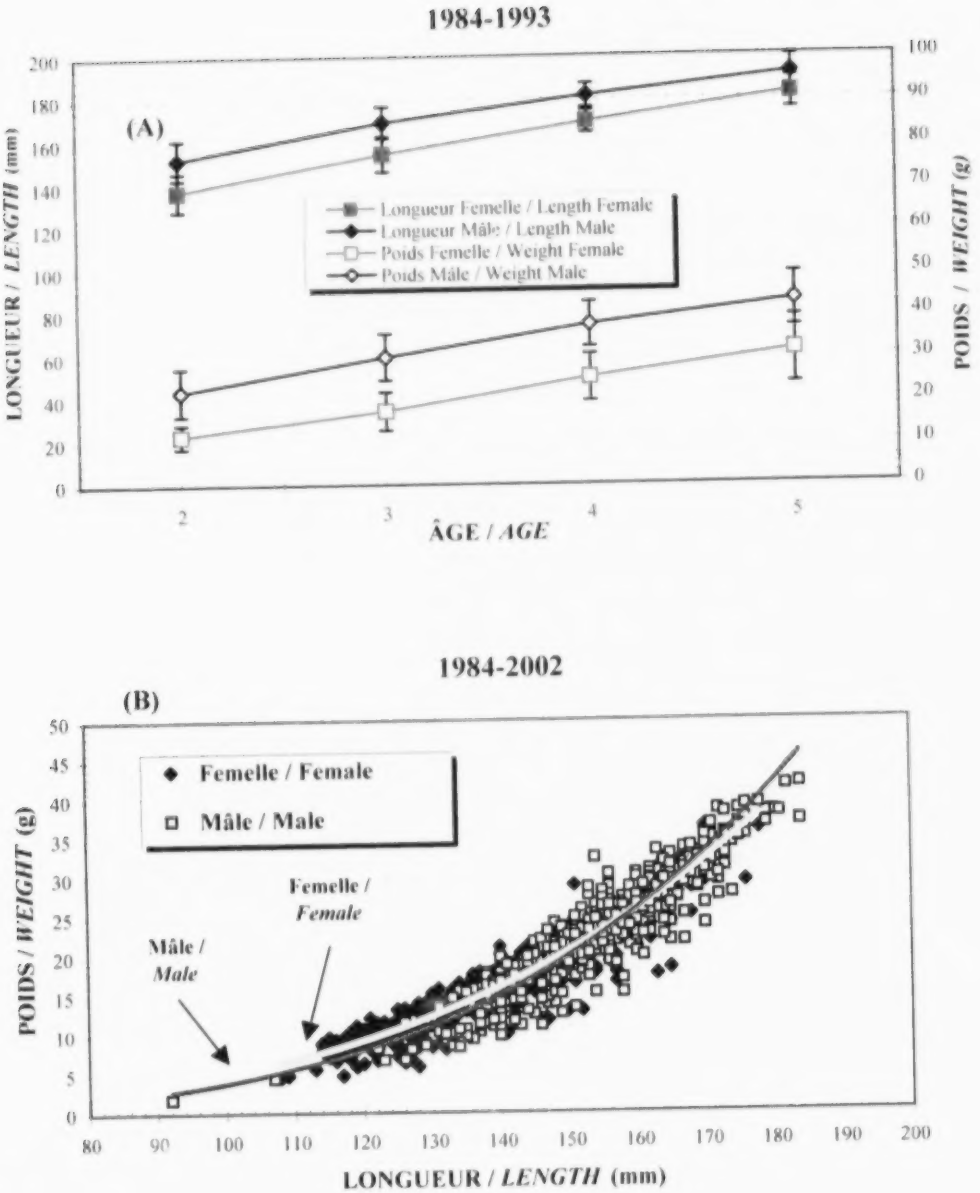


Figure 4. Longueur (mm) et poids (g) moyens à l'âge (A) (les barres verticales représentent les écart-types) et relations poids-longueur (B) pour le capelan de la Division 4R de l'OPANO / *Mean length (mm) and weight (g) at age (A) (the vertical bars represent standard deviation) and weight–length relationships (B) for capelin in NAFO Division 4R.*

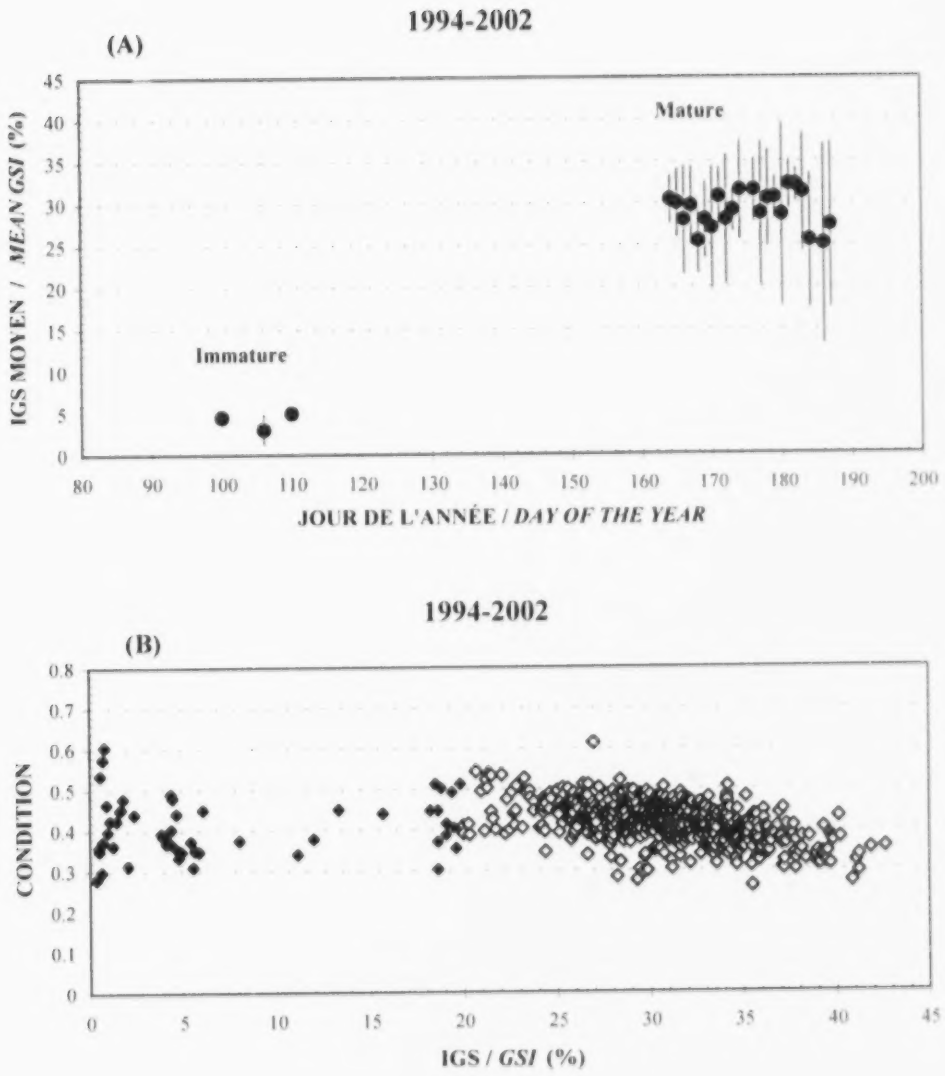


Figure 5. Relation entre l'indice gonado-somatique moyen (les barres verticales représentent les écart-types) et le jour de l'année (A) et la condition (Fulton) (B) pour le capelan (femelles) de la division 4R de l'OPANO. La condition présente une tendance à la baisse pour des valeurs de IGS supérieures à 20% (symboles ouverts) / *Relation between the mean gonadosomatic index (the vertical bars represent standard deviation) and the day of the year (A) and condition (Fulton index) (B) for capelin (females) in NAFO Division 4R. The condition indicates a downward trend for GSI values greater than 20 % (open symbols).*

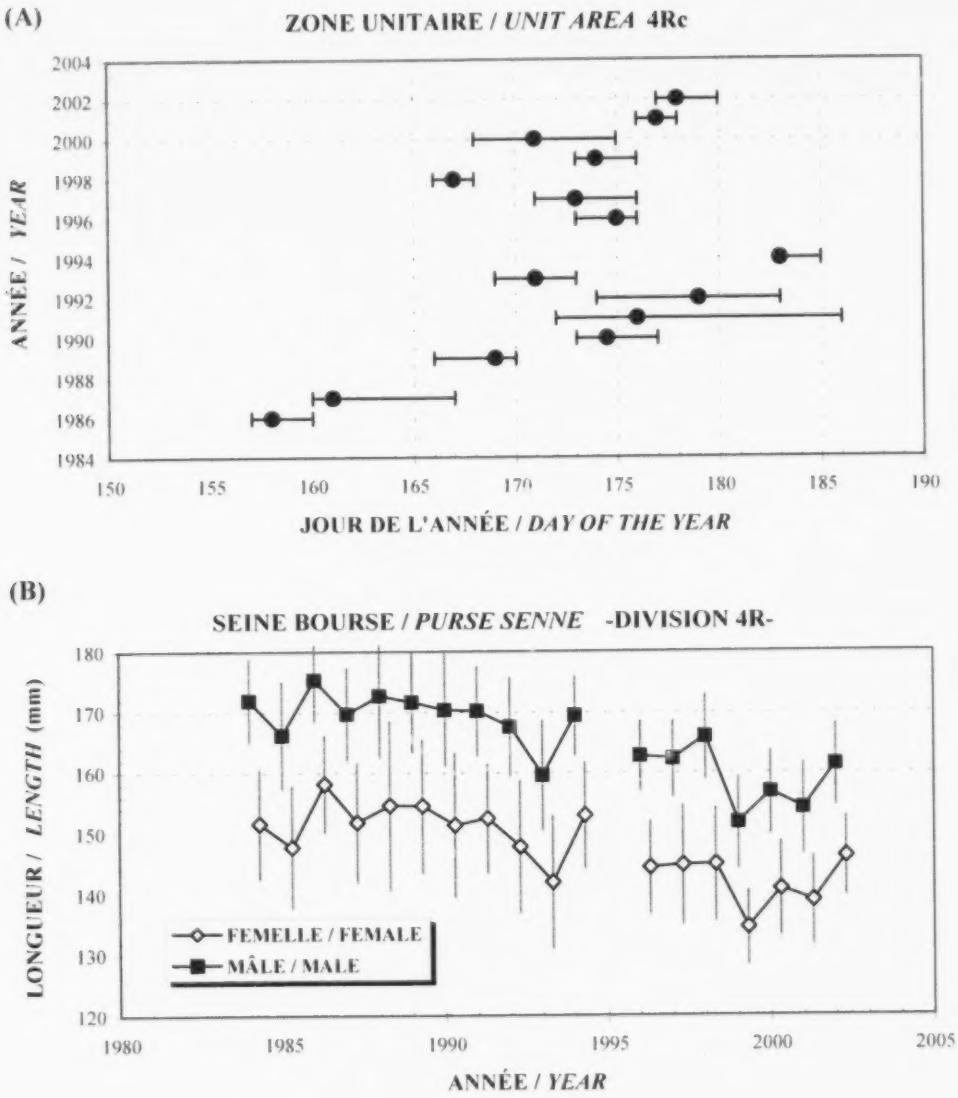


Figure 6. Patron temporel de la pêche du capelan à la seine bourse dans la zone unitaire 4Rc (A) (Symbole= dates médianes des débarquements; barres = dates pour lesquelles 25% et 75% des débarquements sont complétés) et longueur moyenne (B) des capelans capturés à la seine bourse dans la division 4R de l'OPANO (les barres verticales représentent les écart-types) / *Temporal pattern of the capelin purse senne fishery in unit area 4Rc (A) (symbol= median landing dates; lines = dates by which 25 % and 75 % of the landings had been made) and mean length (B) of capelin caught with purse sennes in NAFO Division 4R (the vertical bars represent standard deviation).*

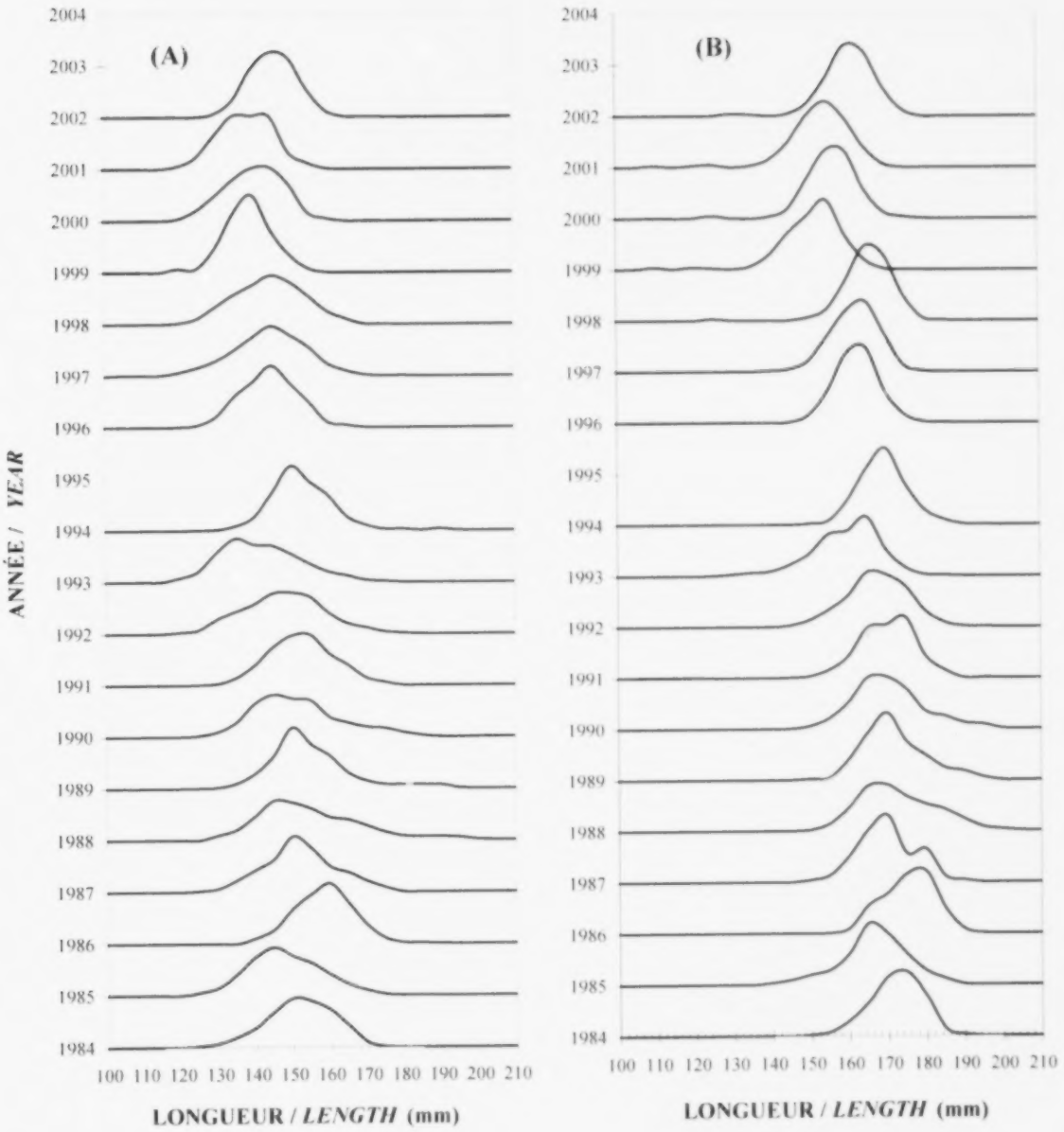


Figure 7. Composition (%) en taille des femelles (A) et mâles (B) capturés à la seine bourse dans la division 4R de l'OPANO pour la période comprise entre 1984 et 2002 (sauf 1995) / *Size composition (%) of females (A) and males (B) caught with purse sennes in NAFO Division 4R between 1984 and 2002 (except 1995).*

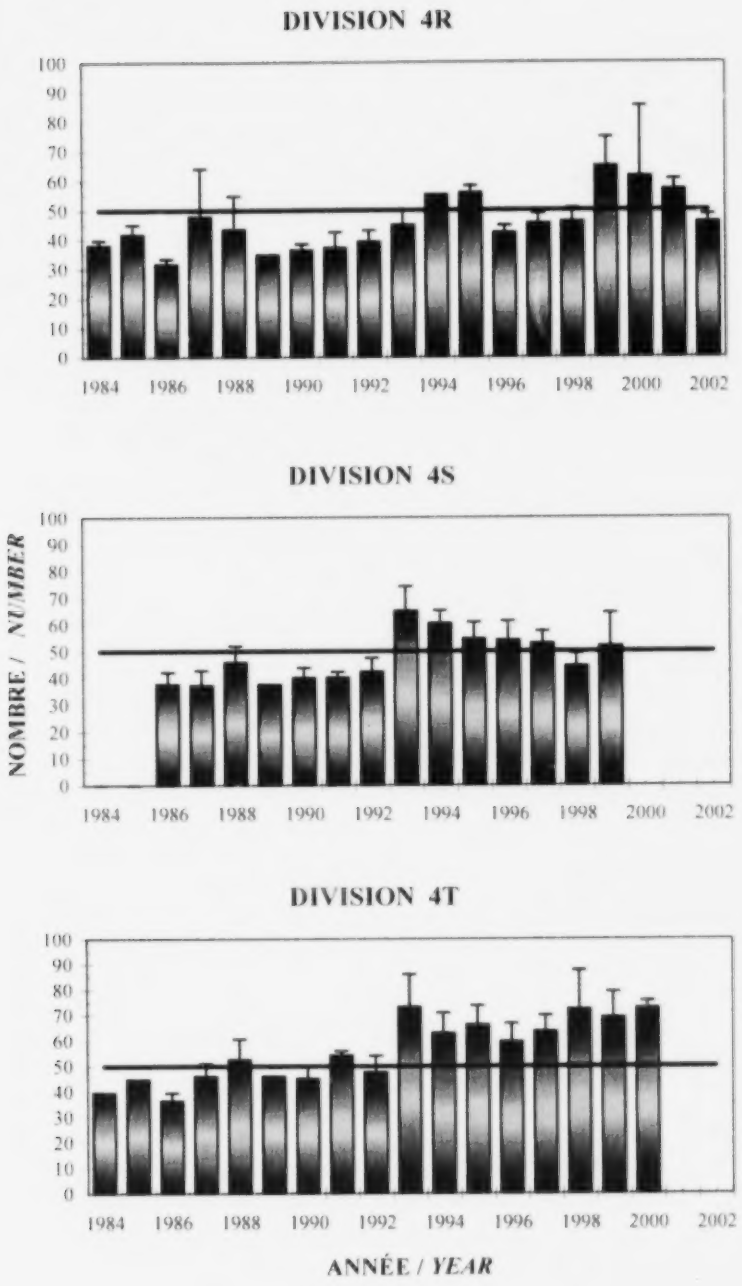


Figure 8. Nombres moyens de capelan au kilogramme (les barres verticales au-dessus des rectangles représentent l'écart-type) pour les divisions 4RST de l'OPANO (la ligne horizontale représente le seuil des 50 capelans au kilogramme utilisé comme mesure de gestion) / *Mean number of capelin per kilogram (the vertical bars above the rectangles represent the standard deviation) in NAFO Divisions 4RST (the horizontal line indicates the threshold of 50 capelin per kg used as a management measure).*

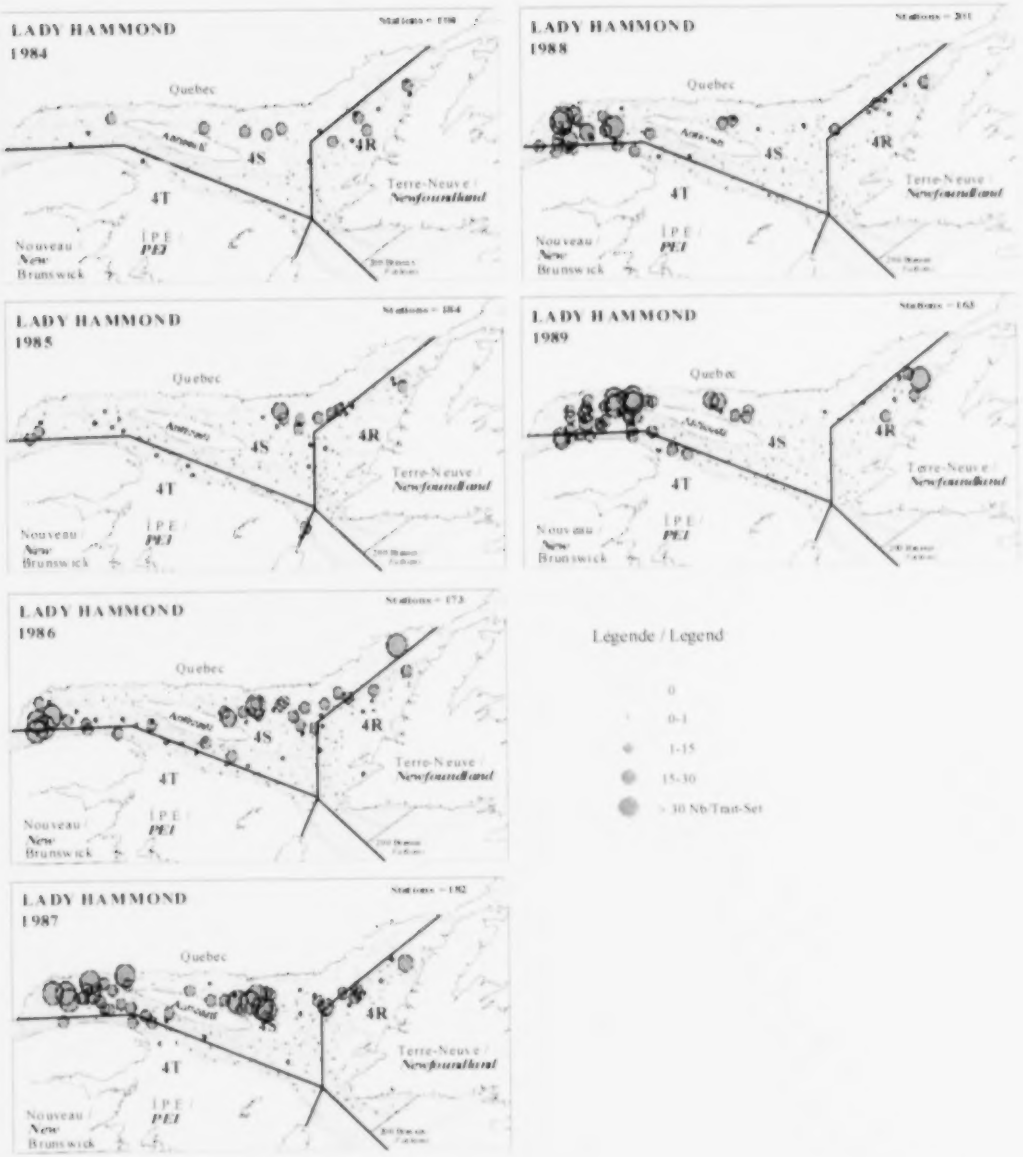


Figure 9. Cartes des prises de capelan (nb/trait) effectuées lors des relevés d'abondance des poissons de fond du navire de recherche Lady Hammond dans le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1984 et 1989 / *Maps of the capelin catches (nb/set) of the Lady Hammond groundfish abundance surveys in the northern Gulf of St. Lawrence between 1984 and 1989.*

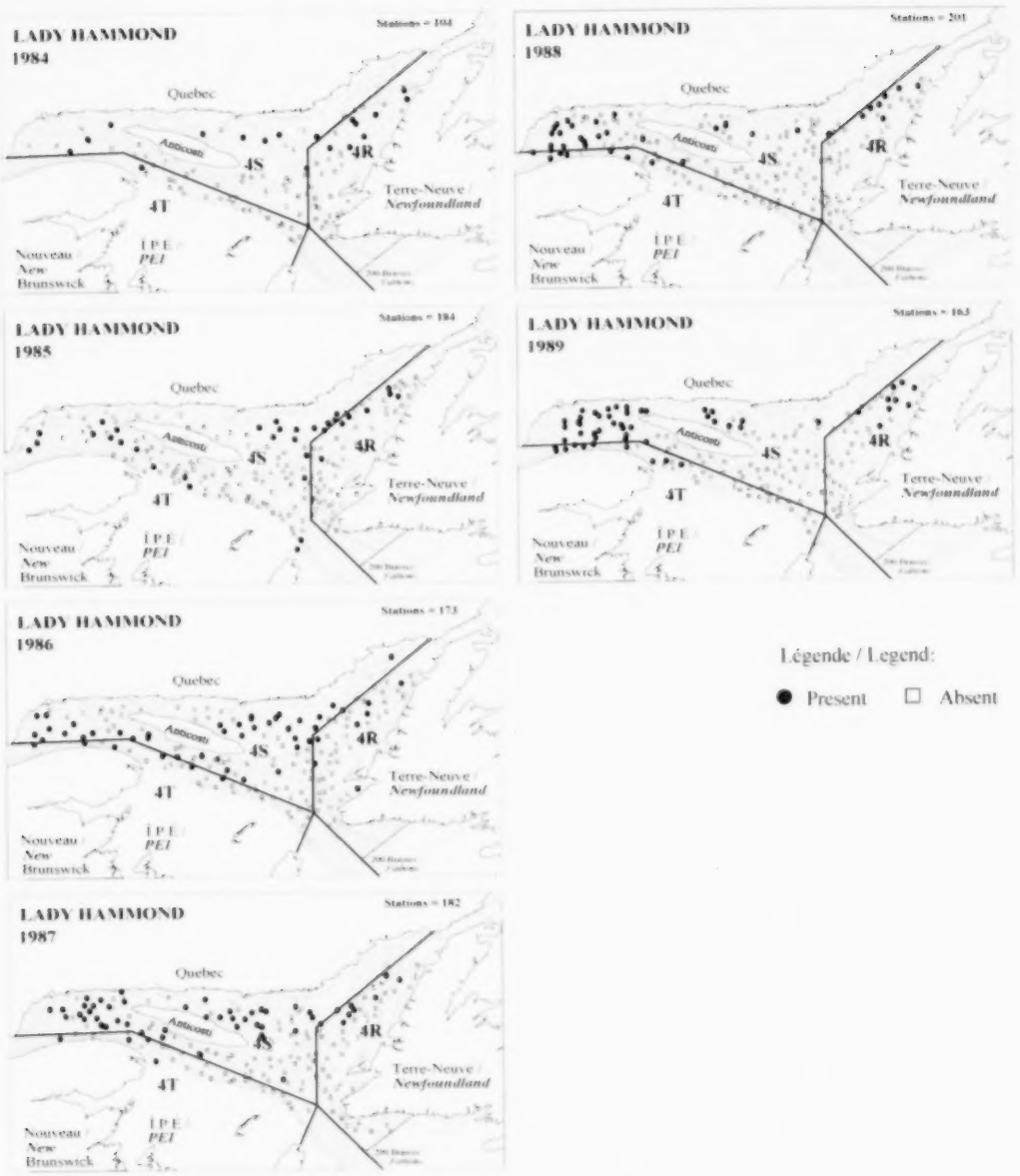


Figure 10. Cartes des présence-absences de capelan des relevés d'abondance des poissons de fond du navire de recherche Lady Hammond dans le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1984 et 1989 / *Maps of capelin presence-absences of the Lady Hammond groundfish abundance surveys in the northern Gulf of St. Lawrence between 1984 and 1989.*

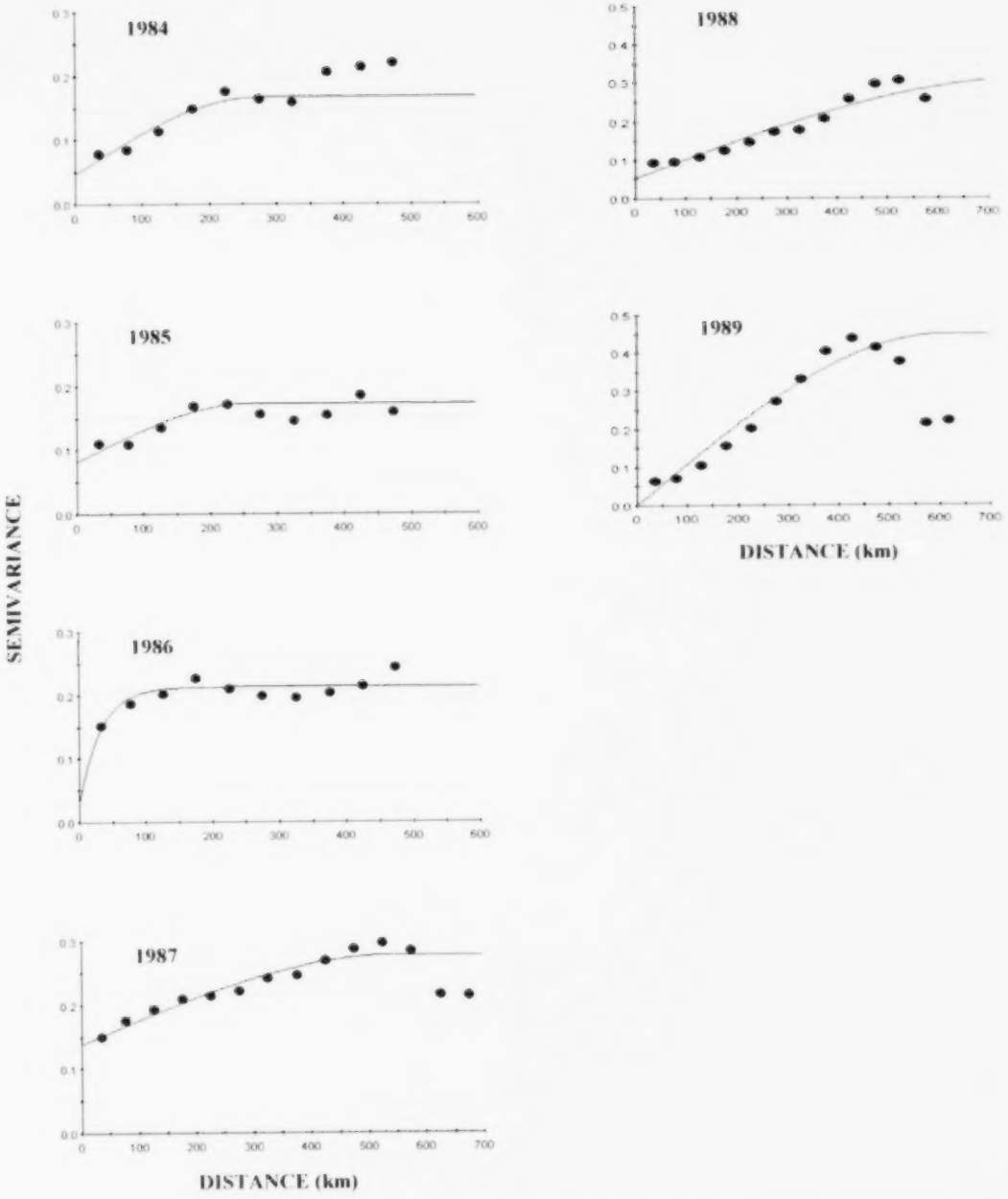


Figure 11. Variogrammes isotropiques de la fonction indicatrice de présence/absence du capelan capturé lors des relevés de recherche du Lady Hammond dans le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1984 et 1989 (la variance des données est représentée par la ligne horizontale pointillée) / *Isotropic variograms of the presence-absence indicator function of the capelin caught during the Lady Hammond research surveys in the northern Gulf of St. Lawrence between 1984 and 1989 (the dotted horizontal line represents the data variance).*

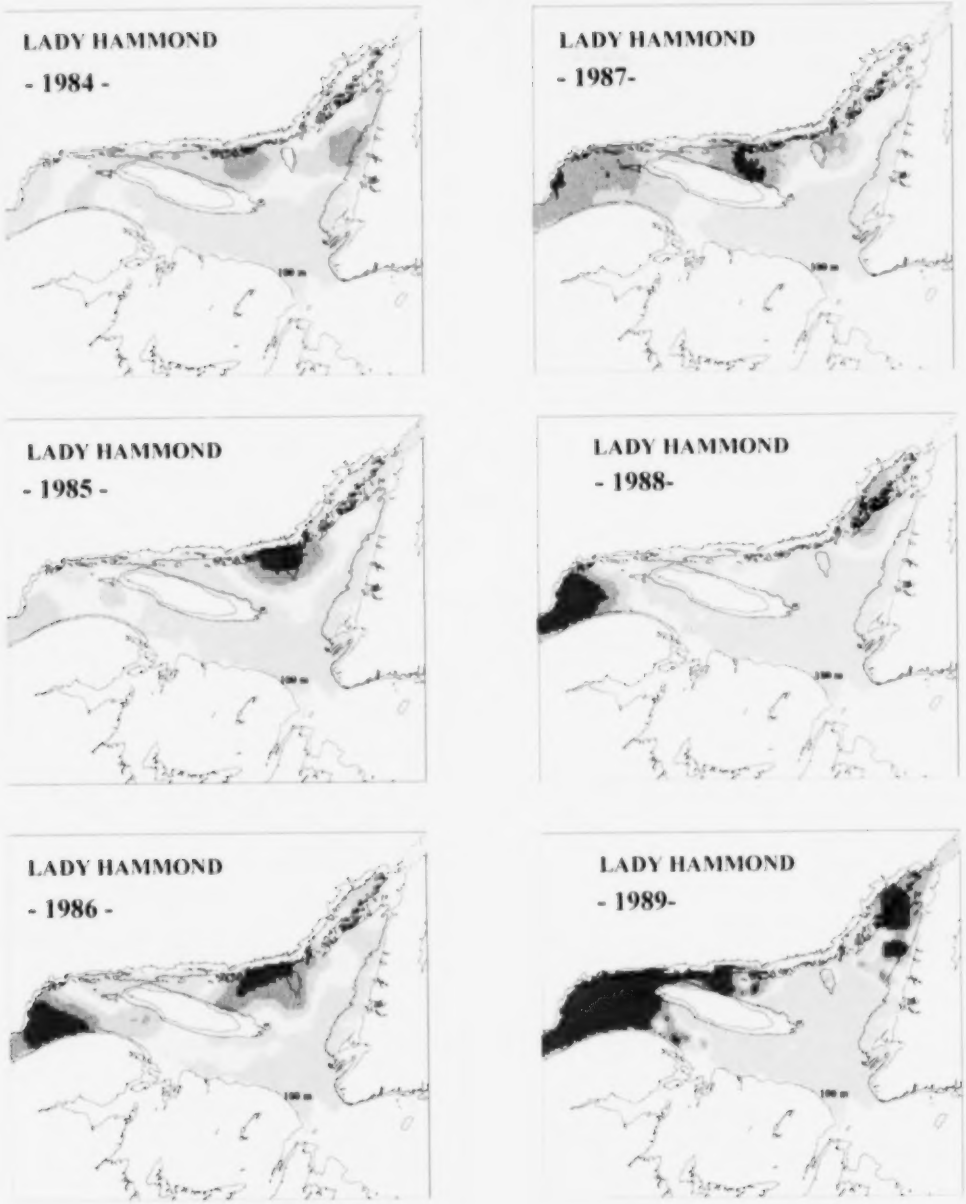


Figure 12. Contours des surfaces de probabilités (%) minimales de la présence du capelan pour les relevés du Lady Hammond réalisés dans le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1984 et 1989 (l'isobathe de 100 m est aussi indiqué) / *Perimeters of capelin occurrence probability areas (%) for the Lady Hammond surveys conducted in the northern Gulf of St. Lawrence between 1984 and 1989 (the 100 m isobath is also indicated).*

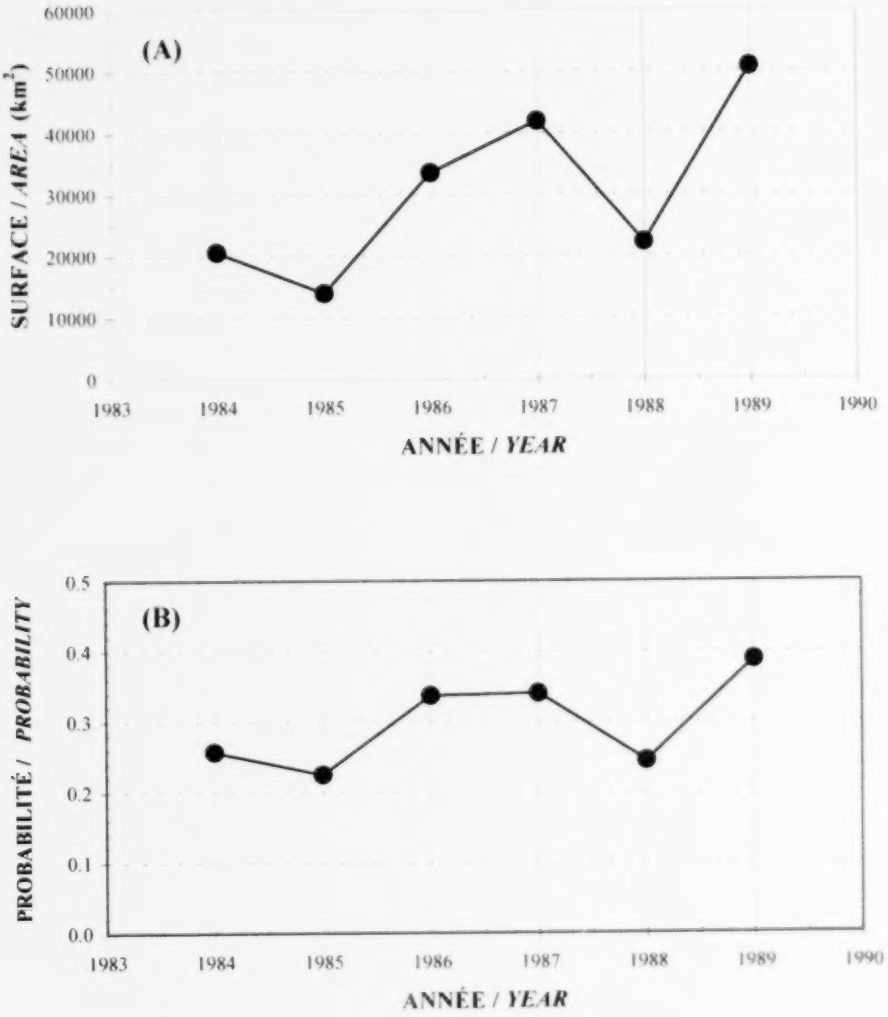


Figure 13. Surfaces (km^2) annuelles (A) associées à des seuils de probabilité minimale de présence du capelan de 50 % et probabilités moyennes (B) de retrouver du capelan par surface de 25 km^2 pour les relevés du Lady Hammond entre 1984 et 1989 / *Annual areas (km^2) (A) with capelin occurrence probability levels of 50 % and mean capelin occurrence probability (B) per 25 km^2 for the Lady Hammond surveys between 1984 and 1989.*

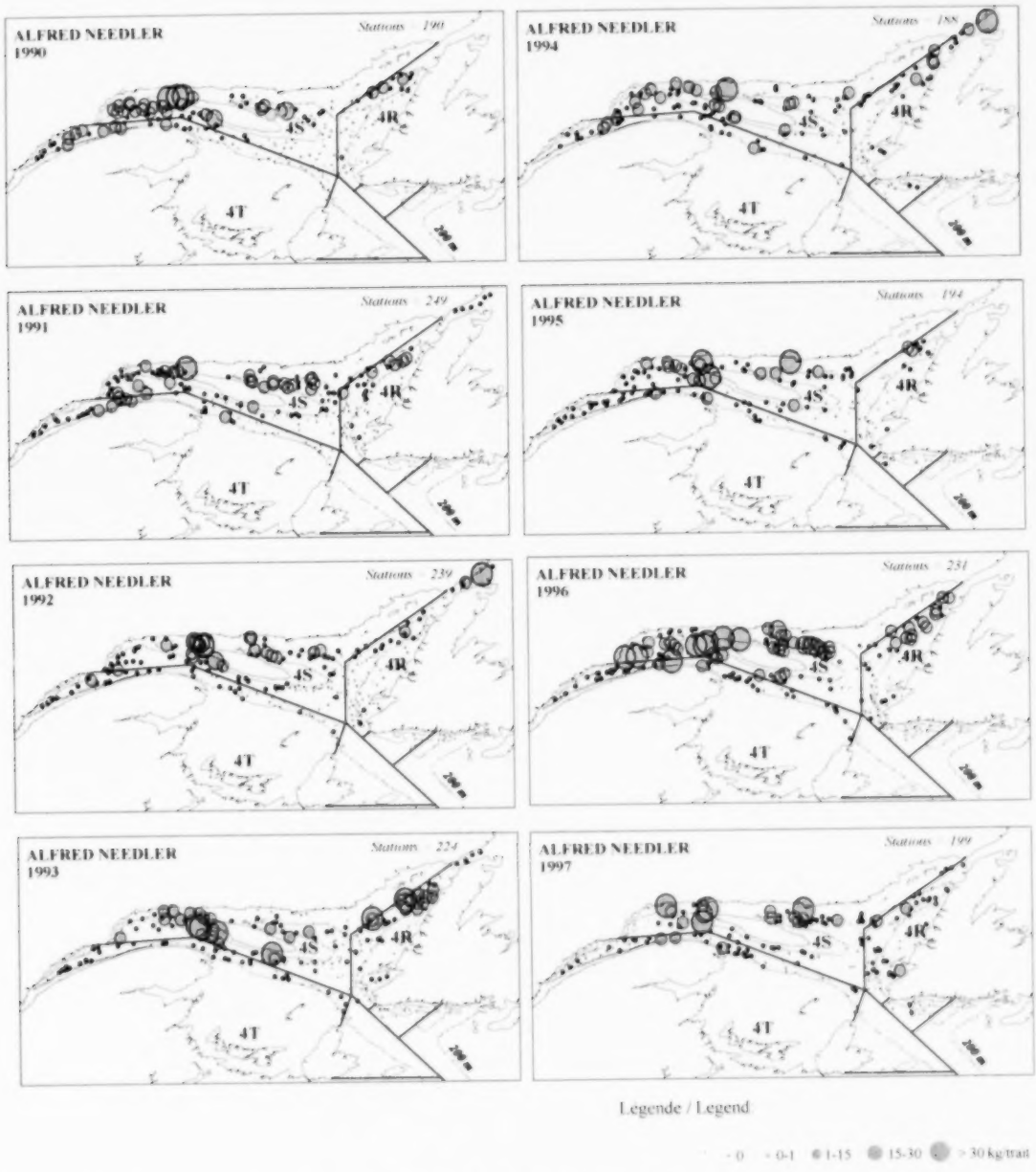


Figure 14. Cartes des prises de capelan (kg/trait) effectuées lors des relevés d'abondance des poissons de fond du navire de recherche Alfred Needler dans le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002 / *Maps of the capelin catches (kg/set) of the Alfred Needler groundfish abundance surveys in the northern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002.*

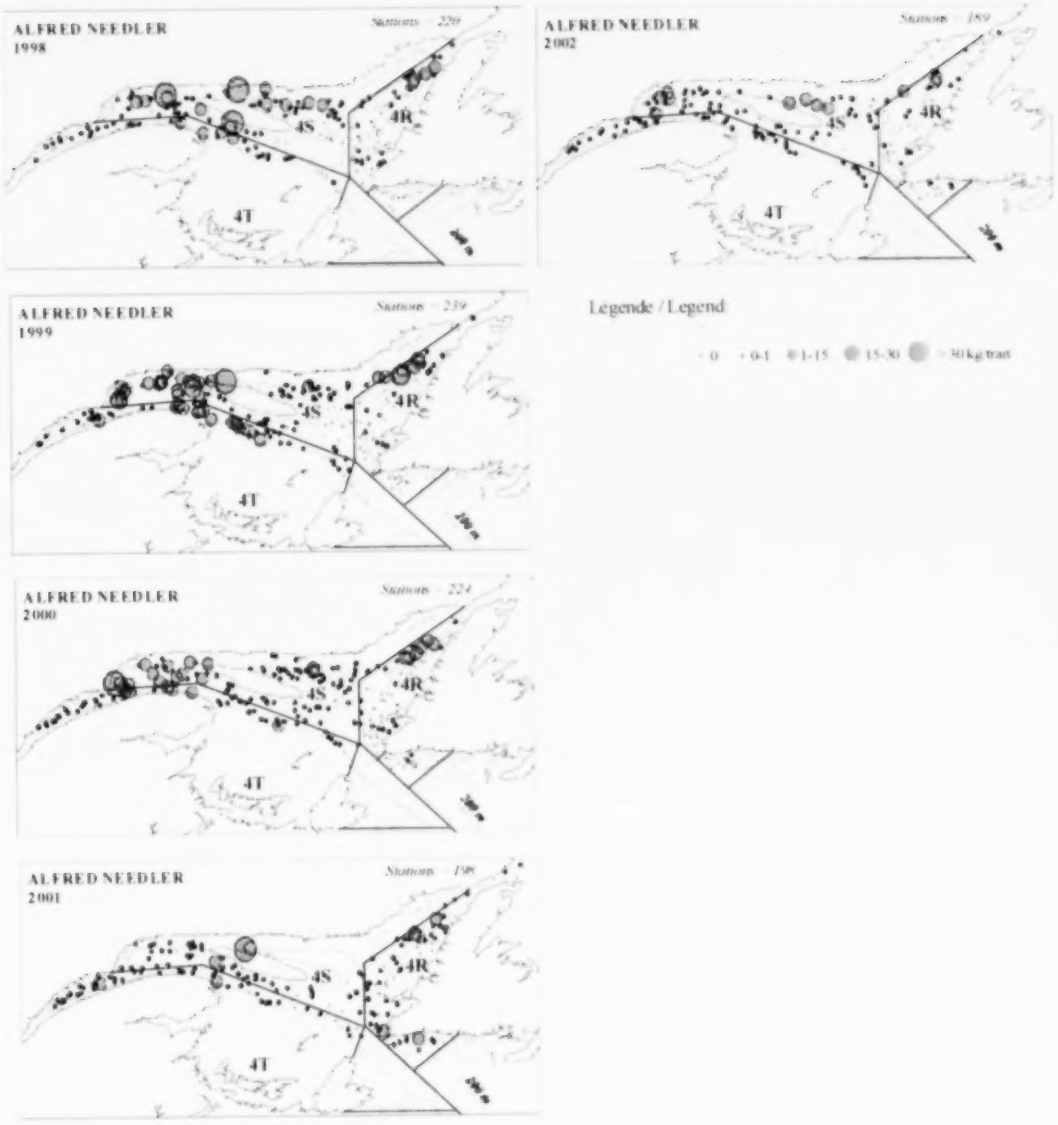


Figure 14. (Suite / Continued).

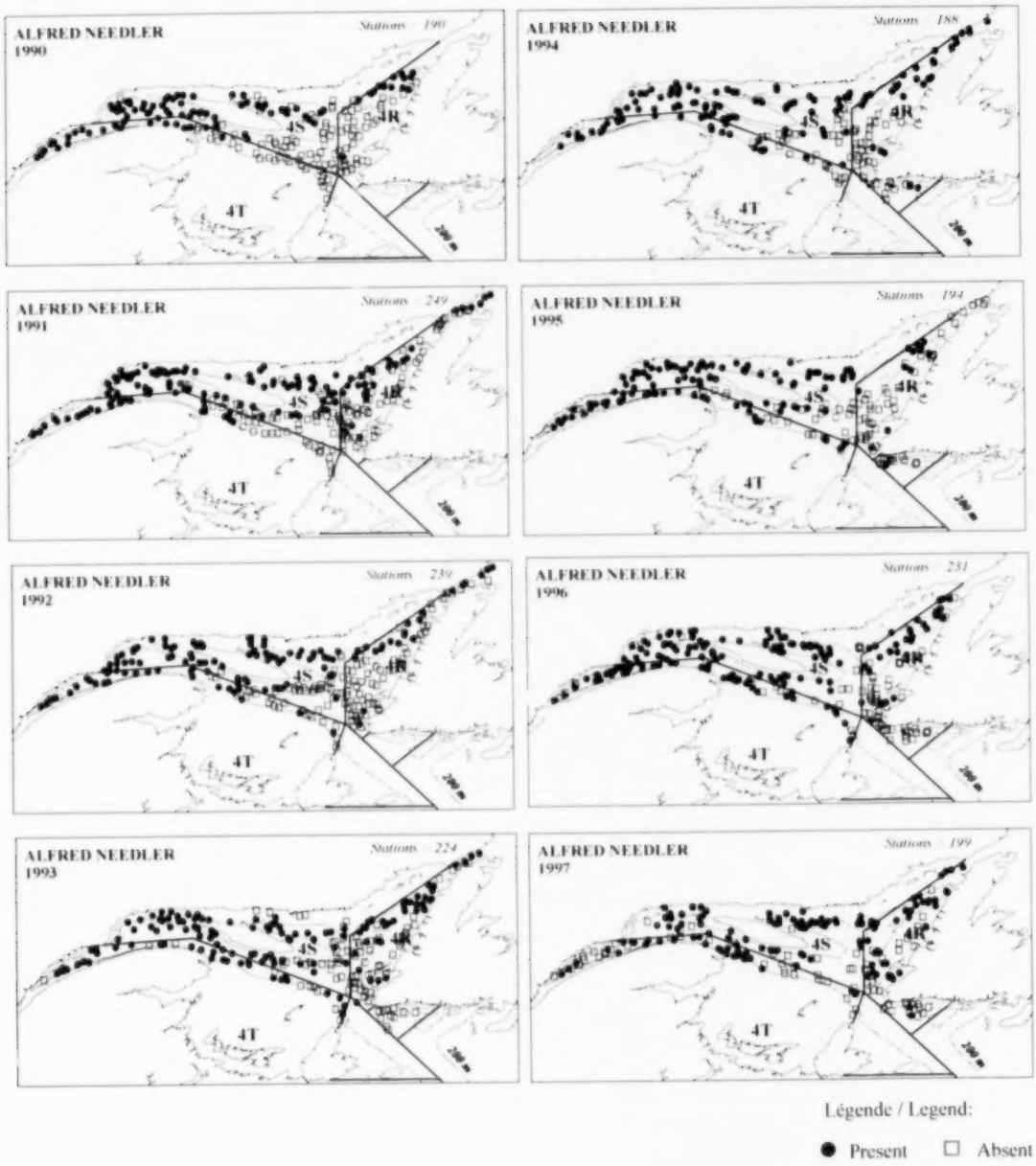


Figure 15. Cartes des présence-absences de capelan des relevés d'abondance des poissons de fond du navire de recherche Alfred Needler dans le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002 / *Maps of capelin presence-absences of the Alfred Needler groundfish abundance surveys in the northern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002.*

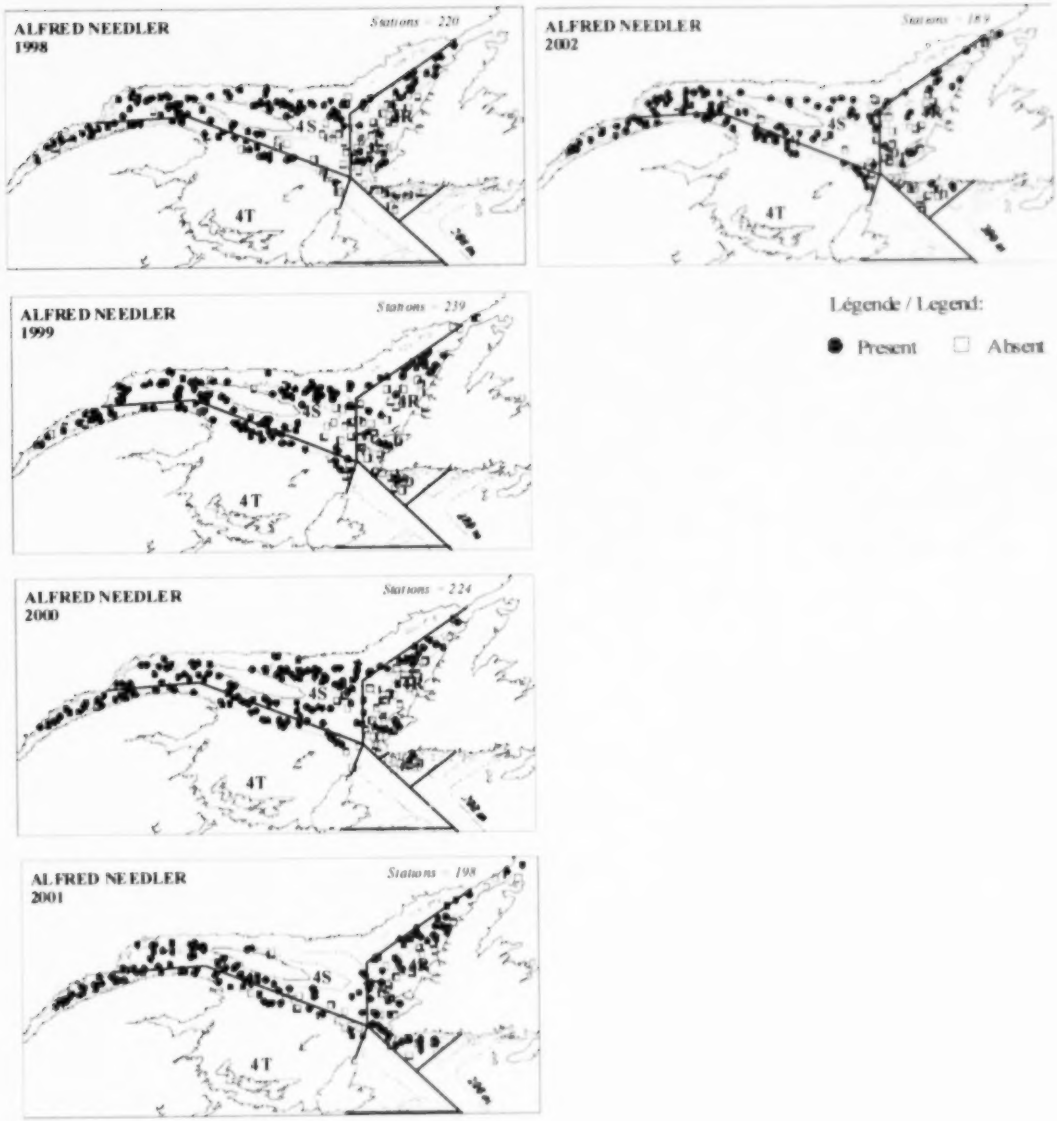


Figure 15. (Suite / Continued).

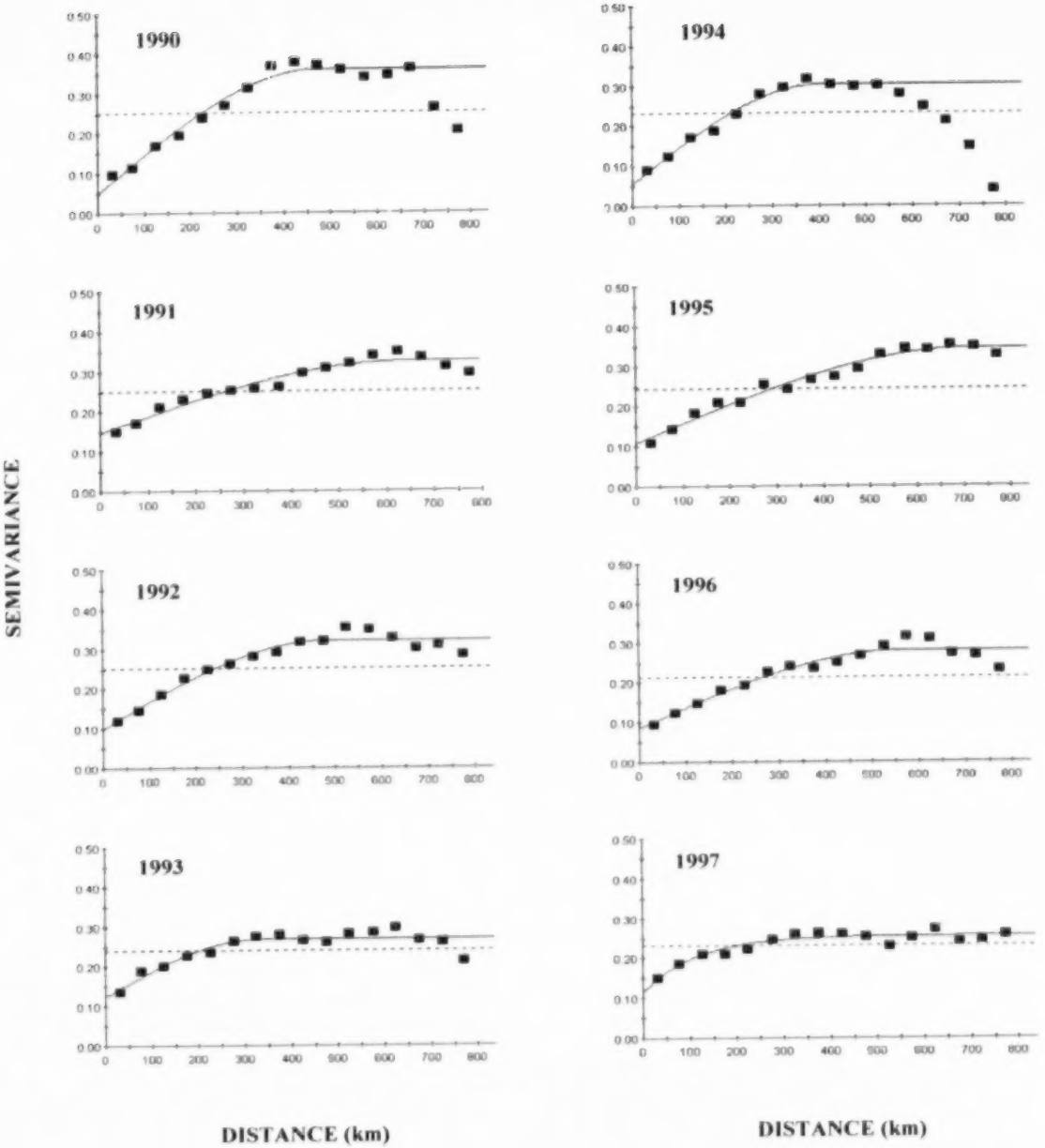


Figure 16. Variogrammes isotropiques annuels de la fonction indicatrice de présence/absence du capelan capturé lors des relevés réalisés dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002 (la variance des données est représentée par la ligne horizontale pointillée) / *Isotropic variograms of the presence-absence function of the capelin caught during the Alfred Needler research surveys in the northern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002 (the dotted horizontal line represents the data variance).*

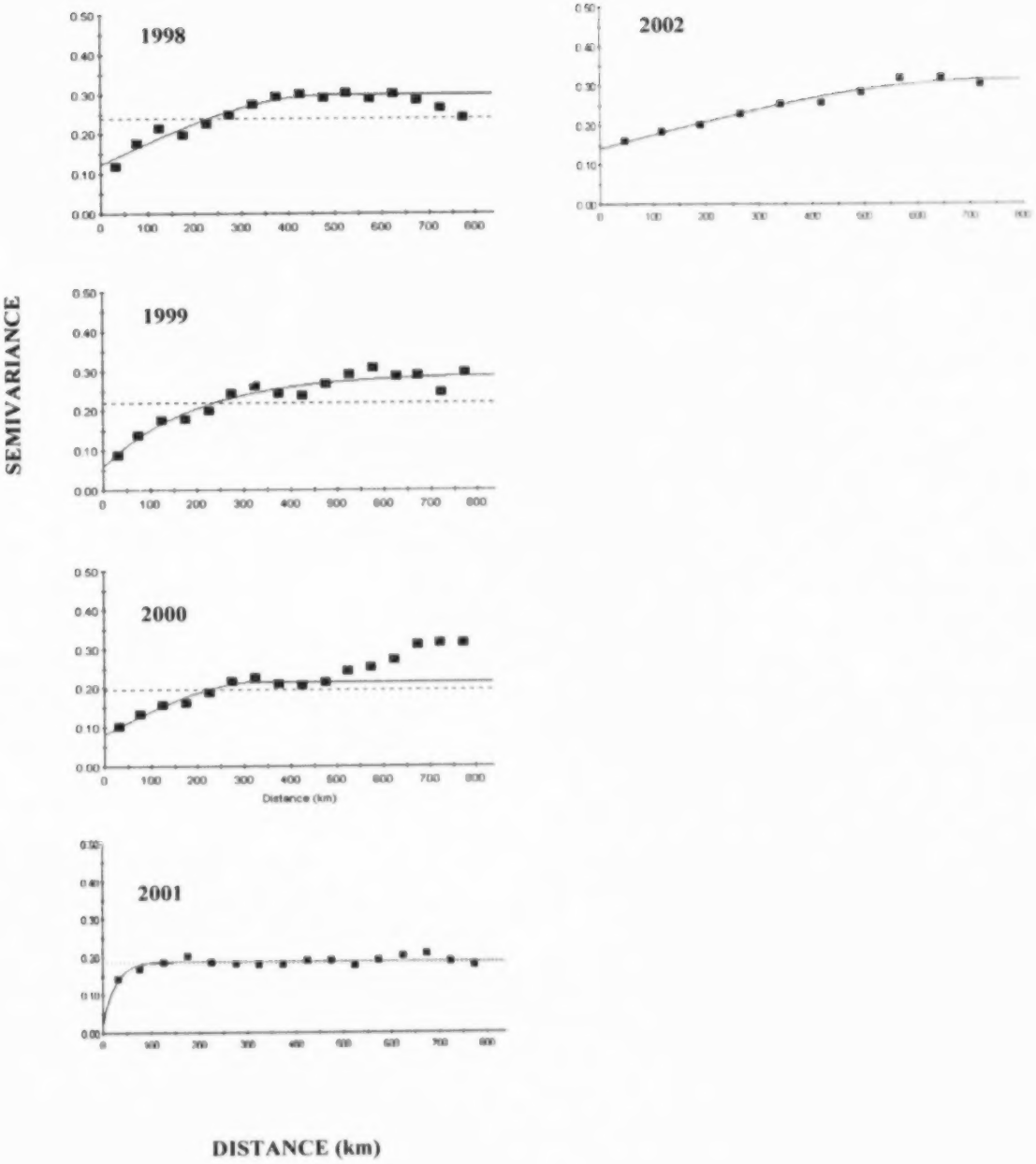
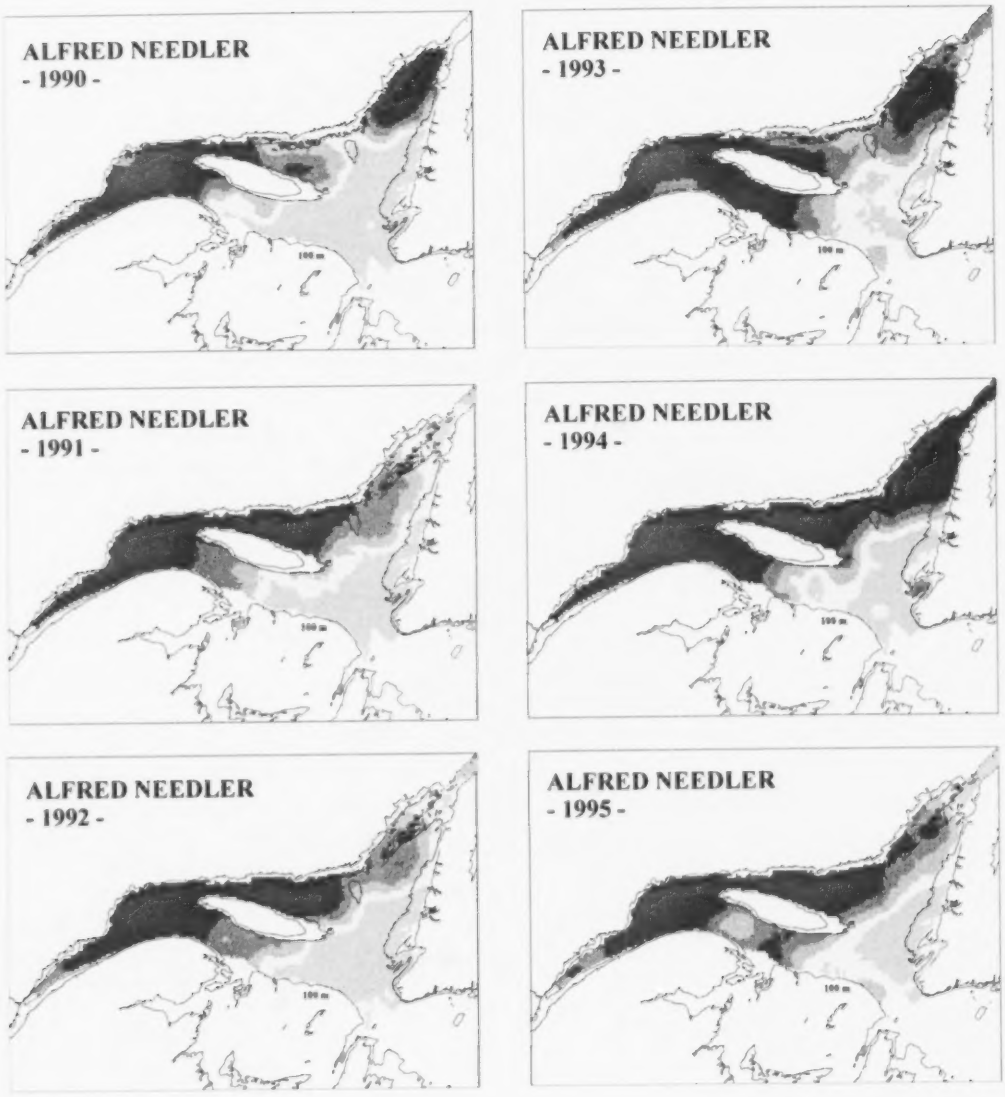


Figure 16. (Suite) / (Continued).



Légende / Legend:

0 - 20 20 - 40 40 - 60 60 - 80 80 - 100 %

Figure 17. Contours des surfaces de probabilités (%) minimales de la présence du capelan pour les relevés du Alfred Needler réalisés dans le nord du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002 (l'isobathe de 100 m est aussi indiqué) / *Perimeters of capelin occurrence probability areas (%) for the Alfred Needler surveys conducted in the northern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002 (the 100 m isobath is also indicated).*

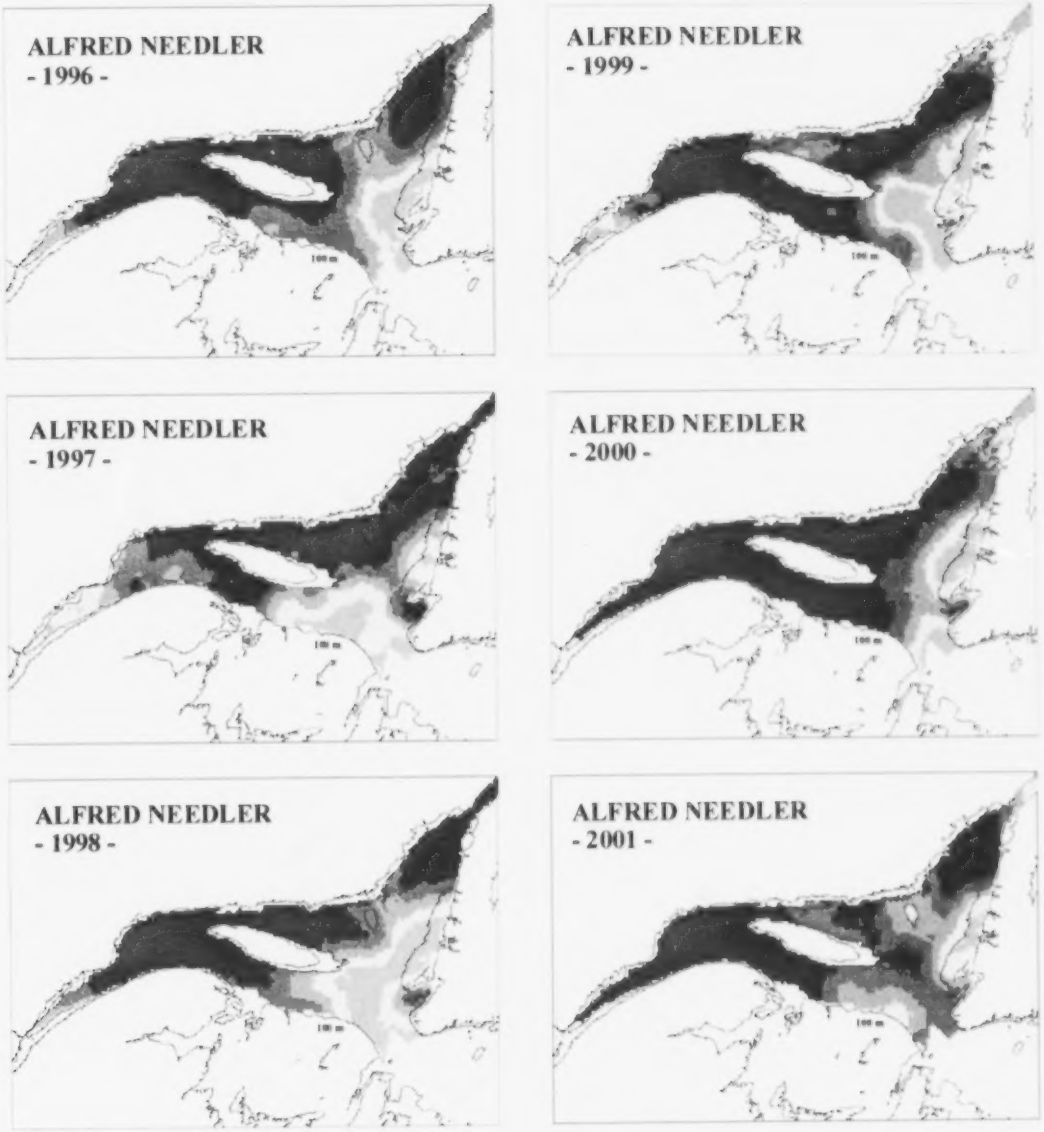
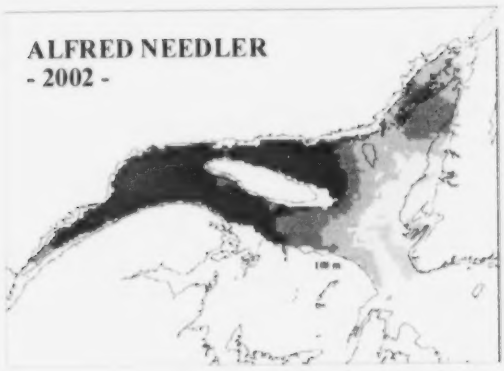


Figure 17. (Suite / Continued).



Légende / Legend:

0 - 20 20 - 40 40 - 60 60 - 80 80 - 100 %

Figure 17. (Suite / Continued).

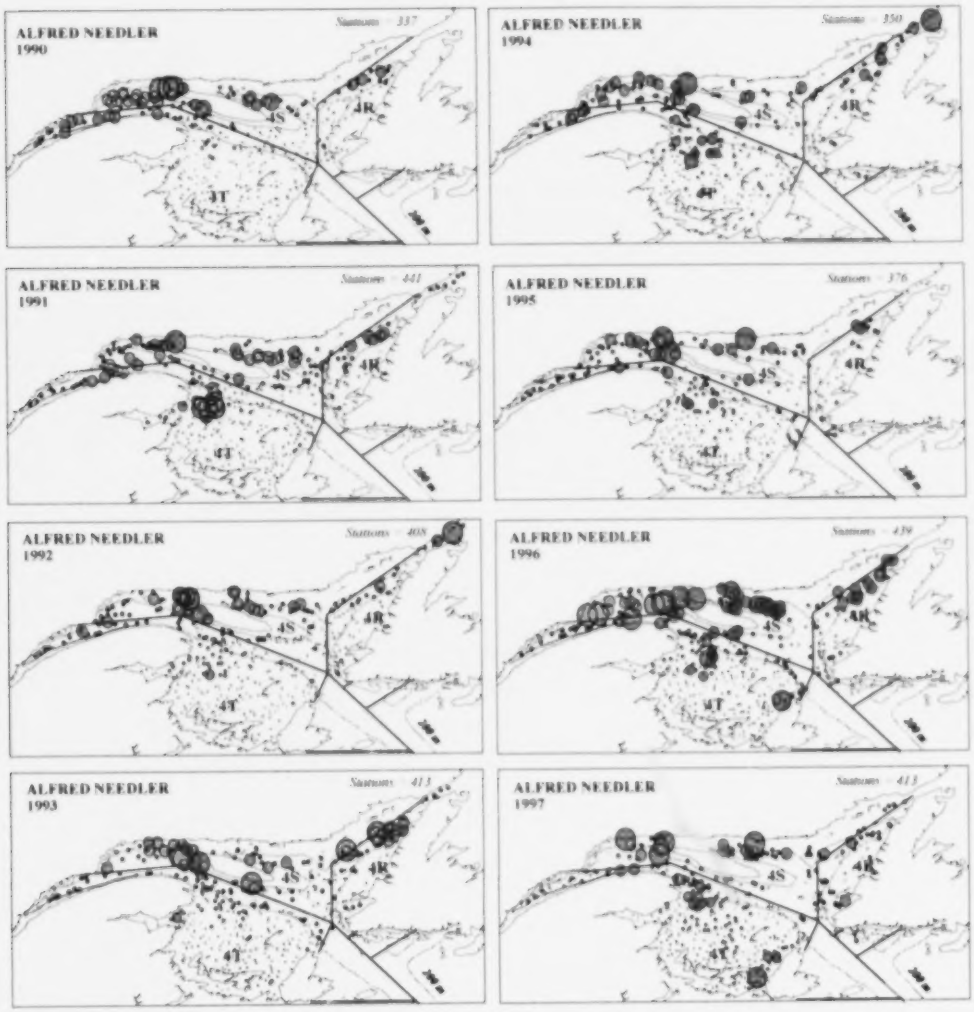


Figure 18. Cartes des prises de capelan (kg/trait) effectuées lors des relevés d'abondance des poissons de fond du navire de recherche Alfred Needler dans le nord et le sud du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002 / *Maps of capelin catch (kg/set) during the Alfred Needler groundfish abundance surveys in the northern and southern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002.*

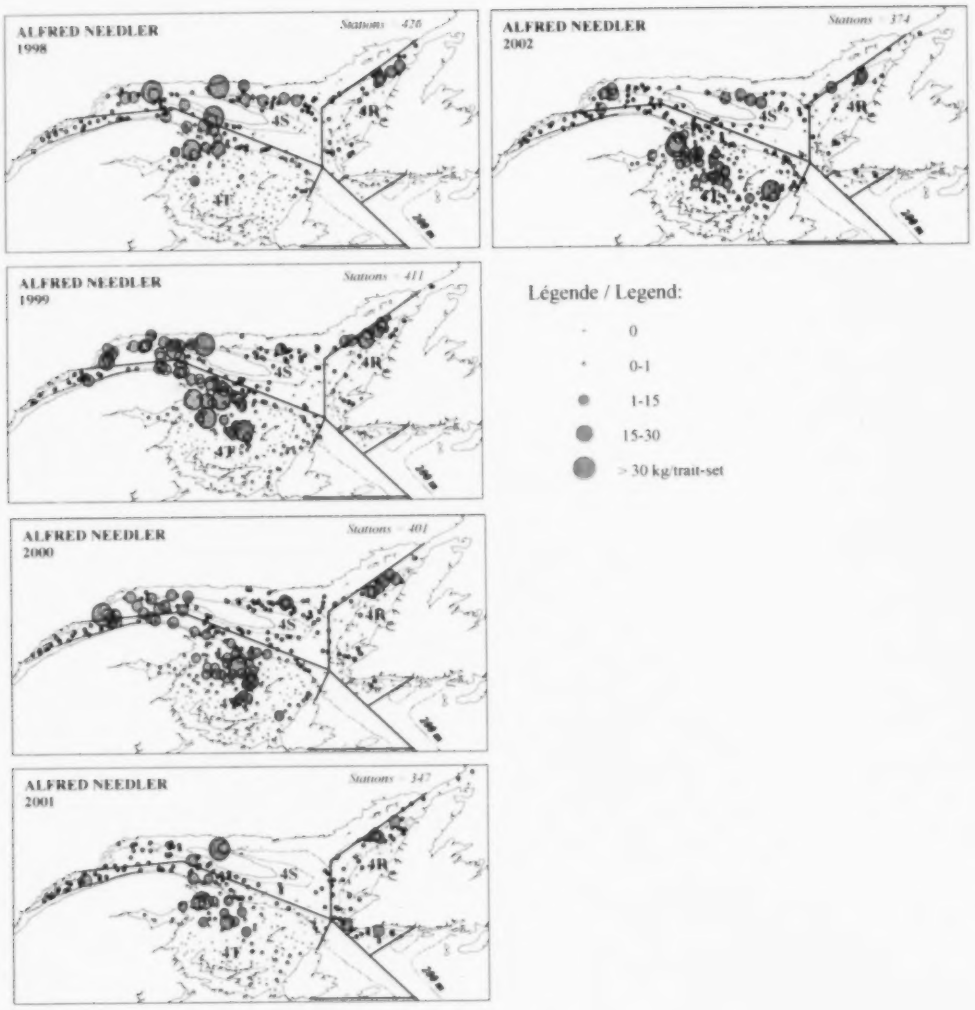


Figure 18. (Suite) / (Continued).

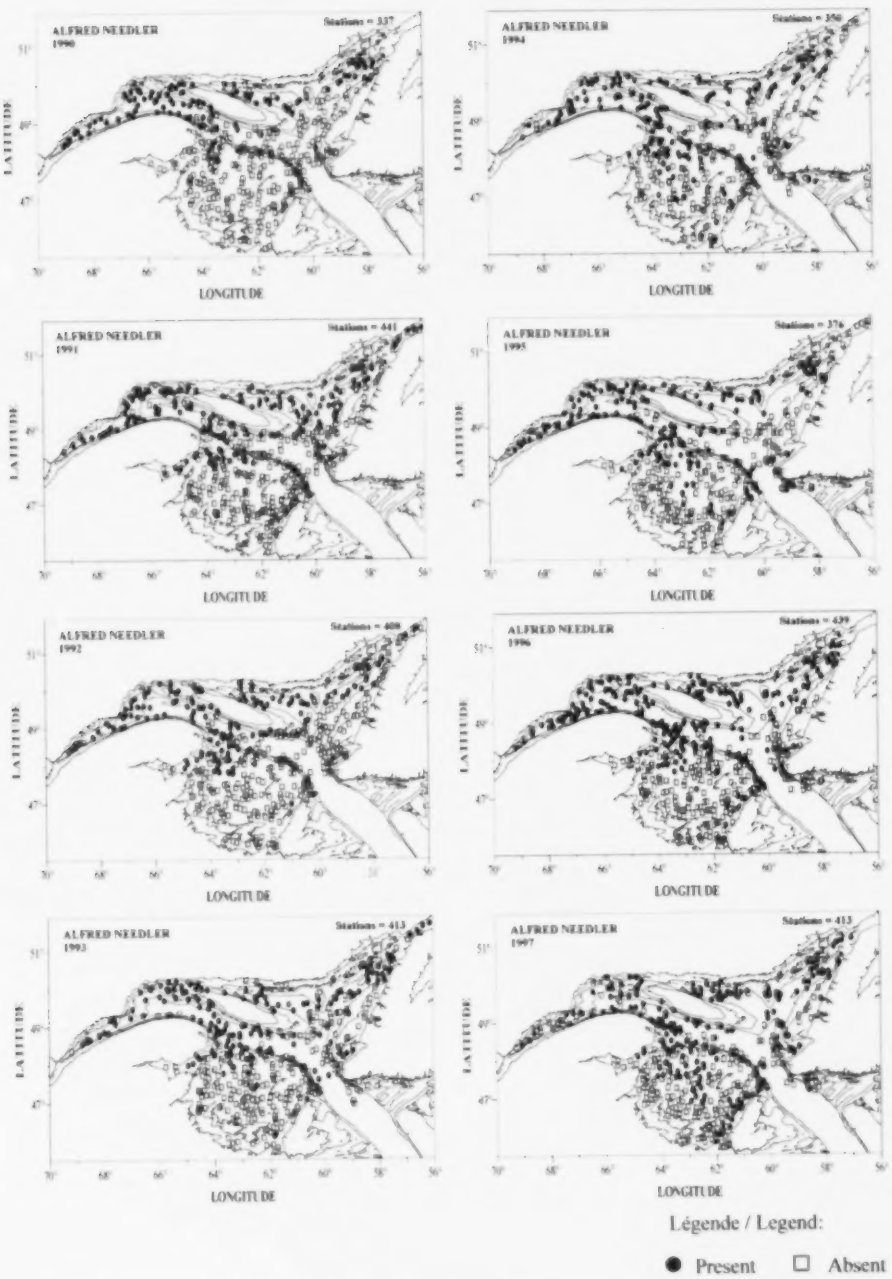


Figure 19. Cartes des présence-absences de capelan des relevés d'abondance des poissons de fond du navire de recherche Alfred Needler dans le nord et le sud du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002 / *Maps of capelin presence-absences of the Alfred Needler groundfish abundance surveys in the northern and southern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002.*

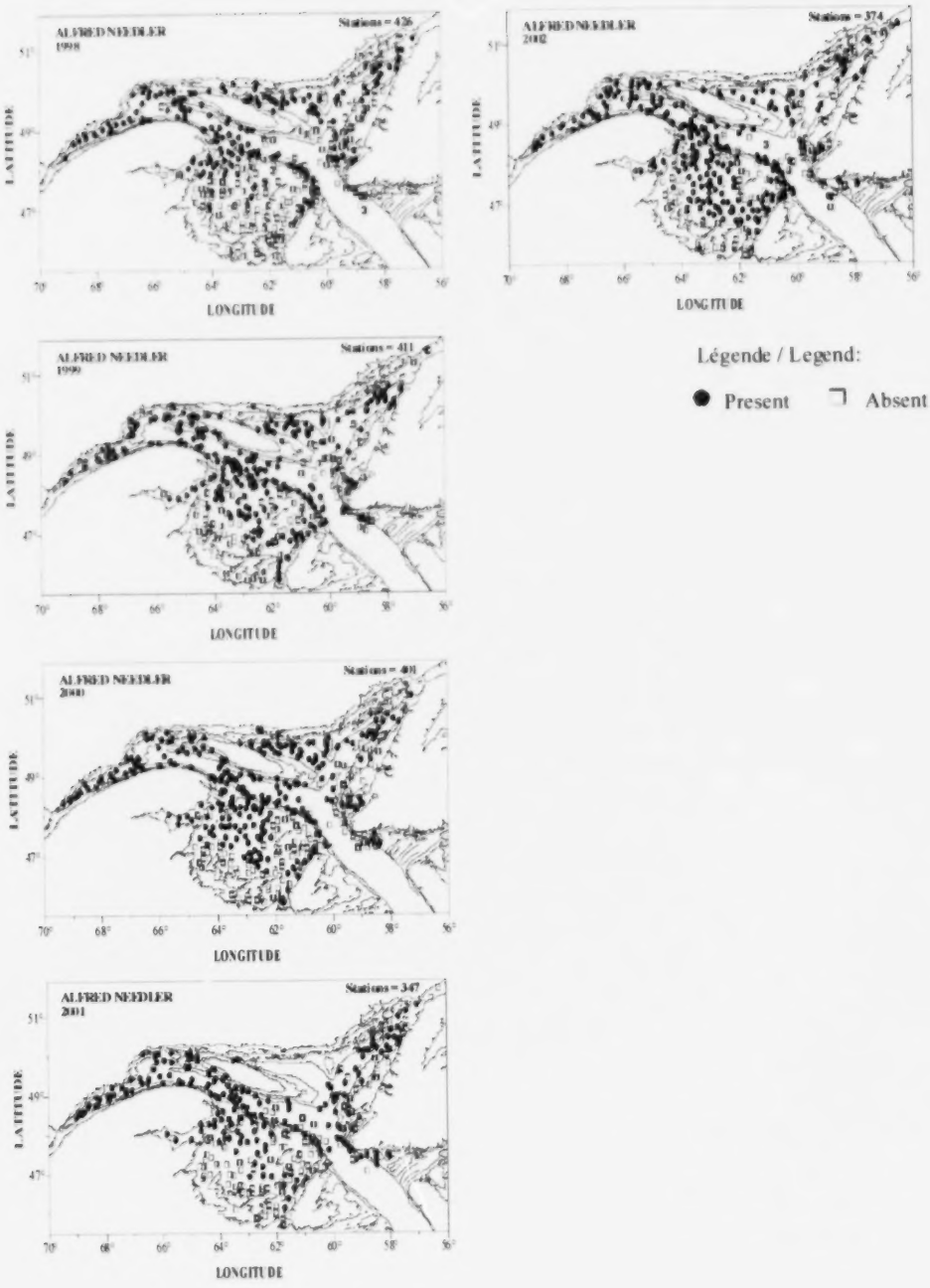


Figure 19. (Suite / Continued).

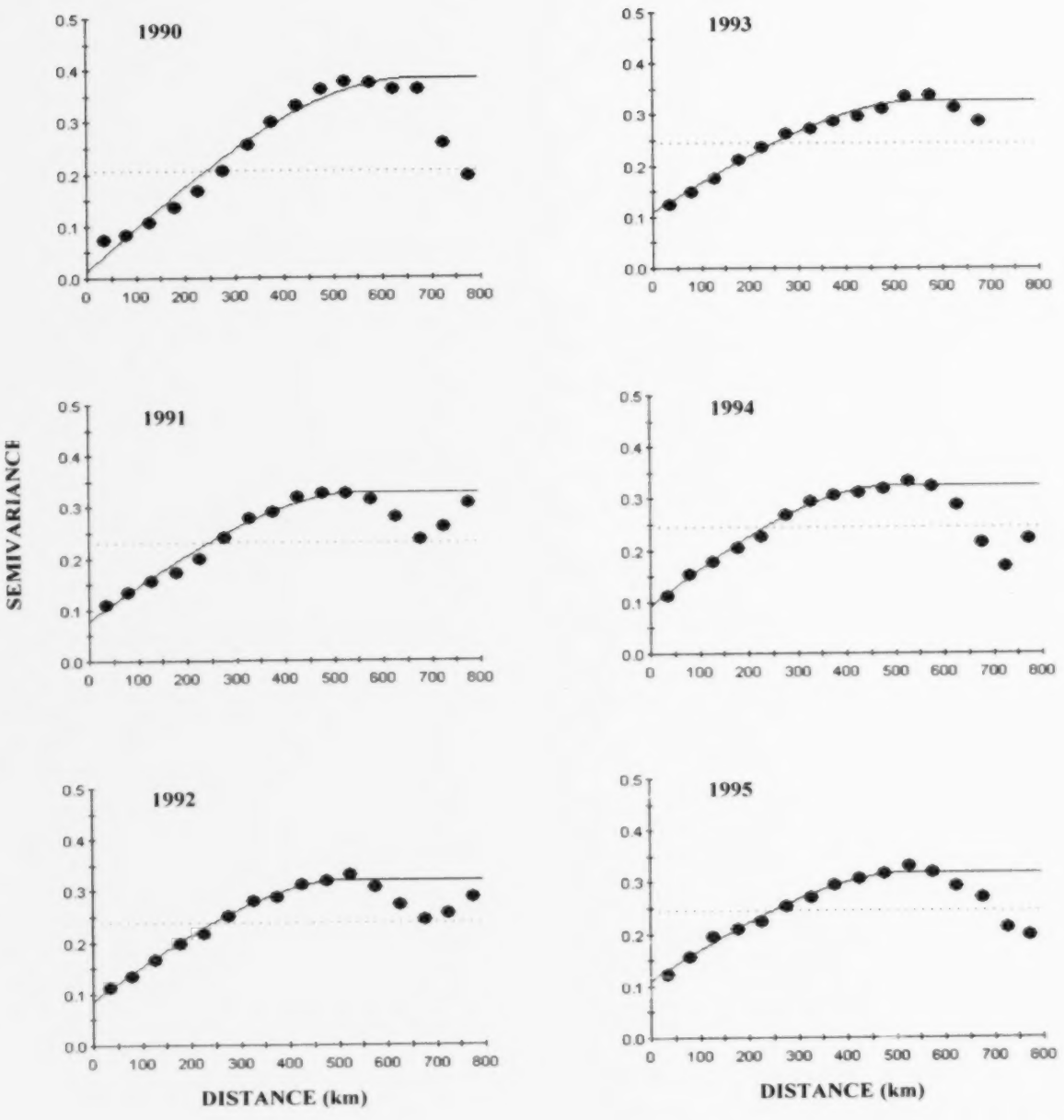


Figure 20. Variogrammes isotropiques de la fonction indicatrice de présence/absence du capelan capturé lors des relevés de recherche du Alfred Needler dans le nord et le sud du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002 (la variance des données est représentée par la ligne horizontale pointillée) / *Isotropic variograms of the presence-absence indicator function of the capelin caught during the Alfred Needler research surveys in the northern and southern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002 (the dotted horizontal line represents the data variance).*

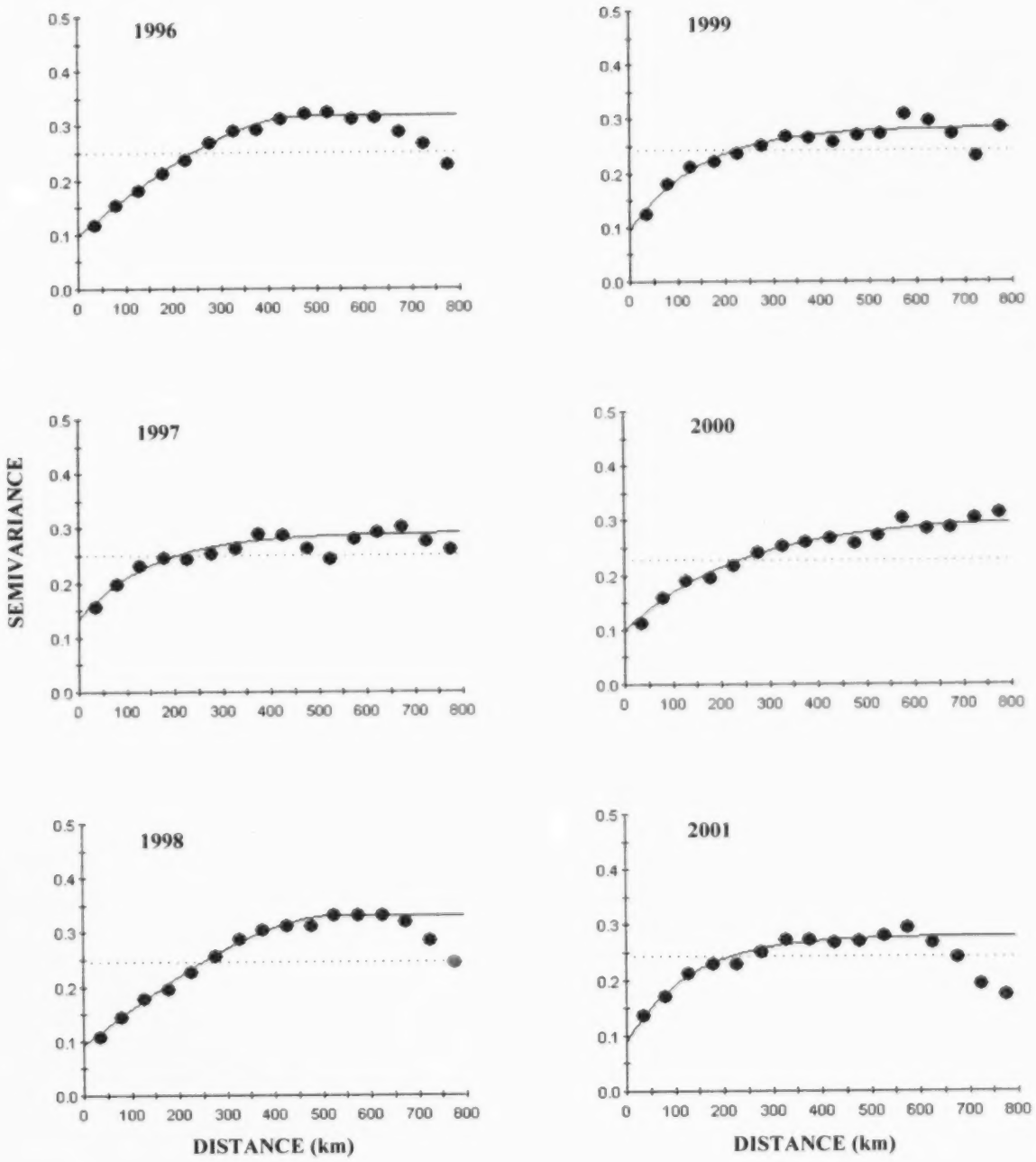


Figure 20. (Suite / *Continued*).

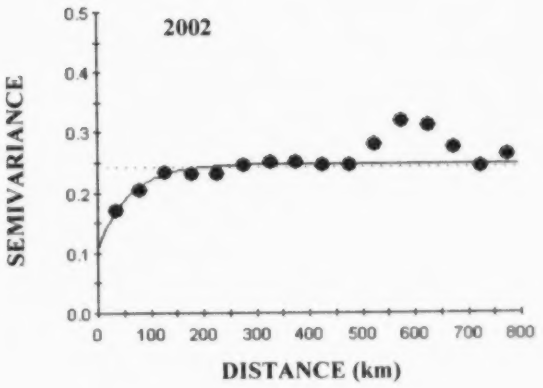


Figure 20. (Suite / *Continued*).

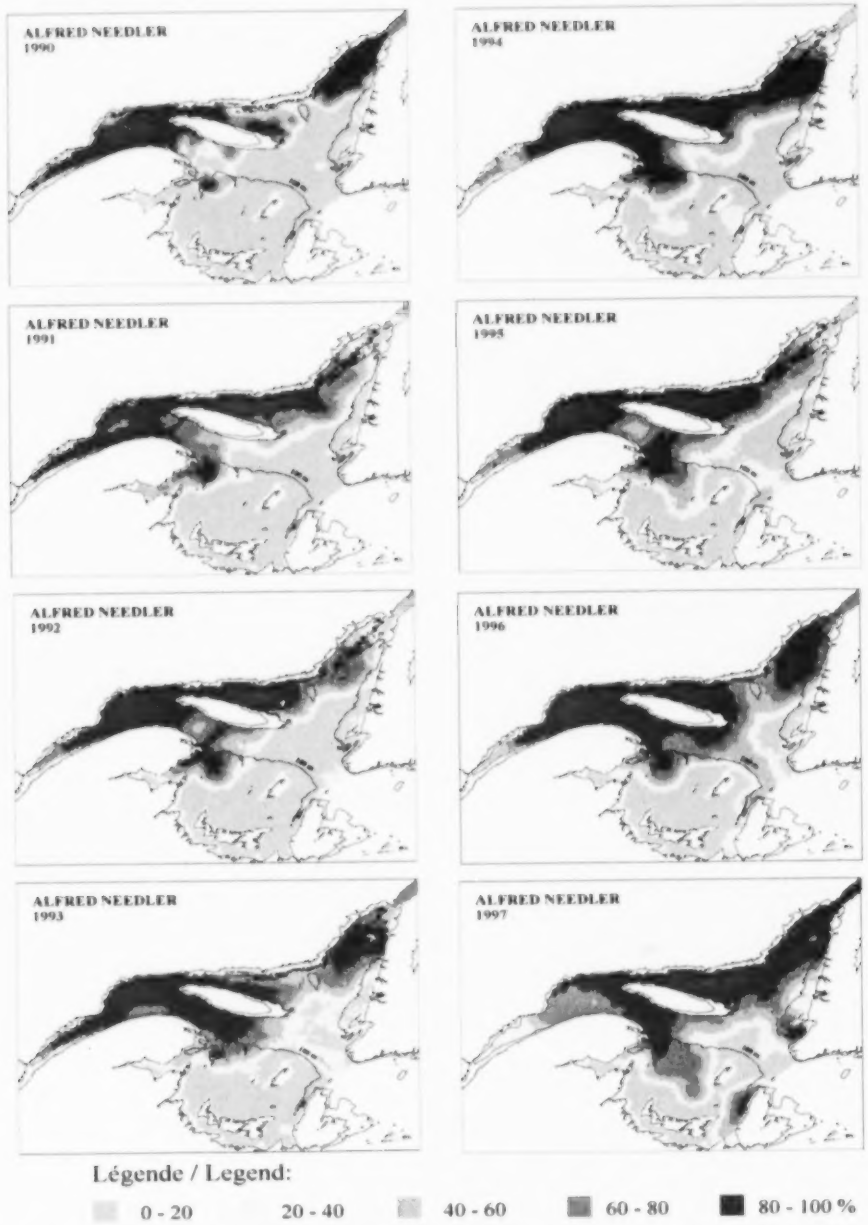


Figure 21. Contours des surfaces de probabilités (%) minimales de la présence du capelan pour les relevés du Alfred Needler réalisés dans le nord et le sud du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002 (l'isobathe de 100 m est aussi indiqué) / *Perimeters of capelin occurrence probability areas (%) for the Alfred Needler surveys conducted in the northern and southern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002 (the 100 m isobath is also indicated).*

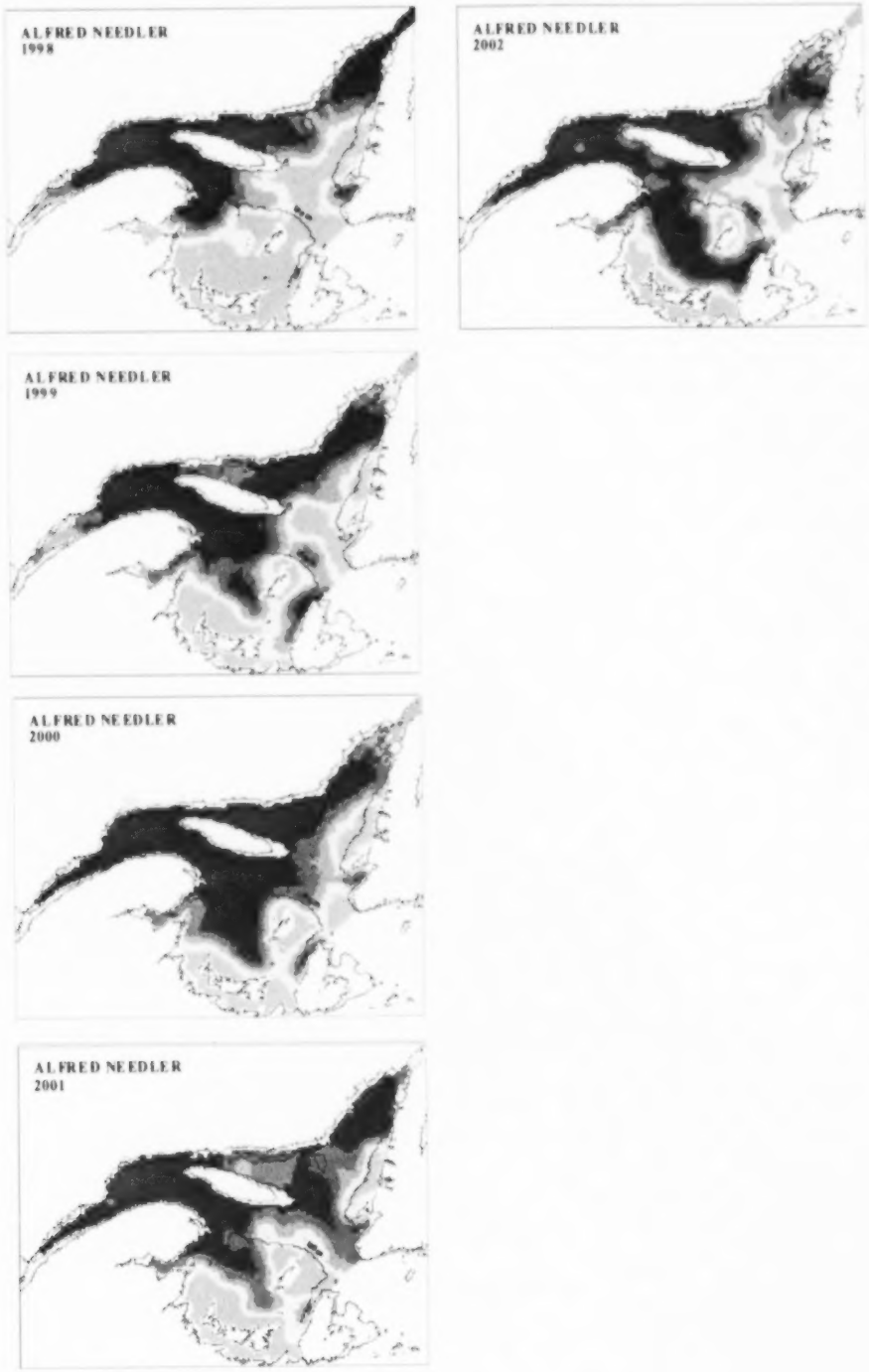
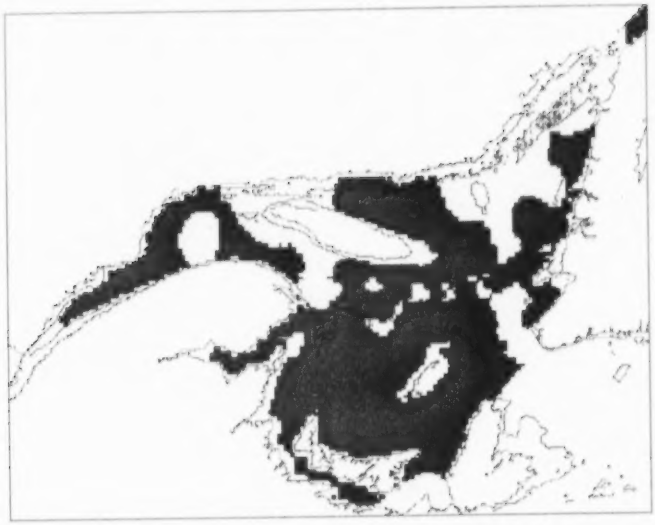


Figure 21. (Suite / Continued).



Légende / Legend:

2002 > Moyenne/Average 1990-2001
2002 <

Figure 22. Différences entre les contours des surfaces de probabilité minimales de la présence du capelan calculées en 2002 et les moyennes pour la période 1990-2001 / *Differences between the perimeters of capelin occurrence calculated in 2002 and the averages for the 1990-2001 period.*

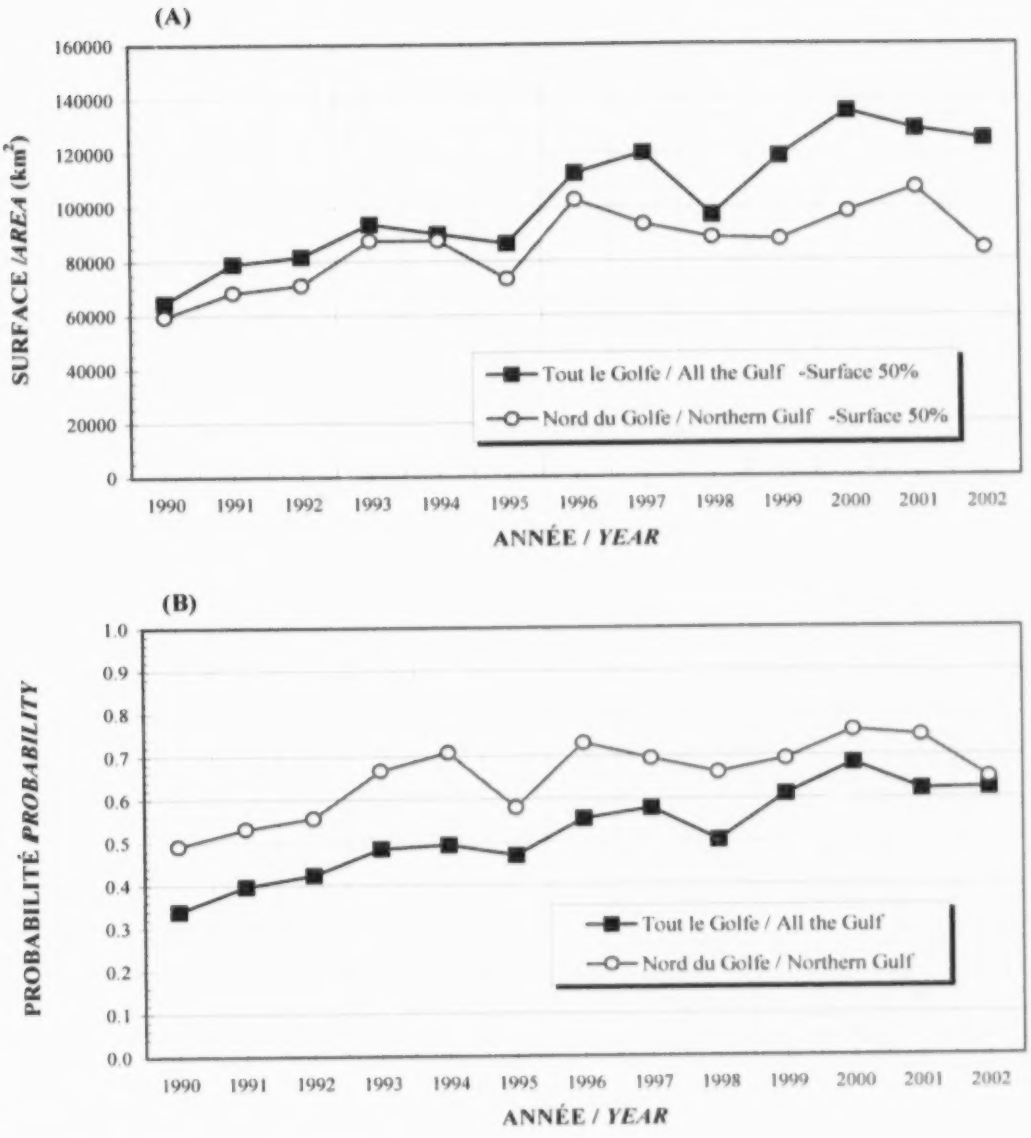


Figure 23. Surfaces (km^2) annuelles (A) associées à des seuils de probabilité minimale de présence du capelan de 50 % et probabilités moyennes (B) de retrouver du capelan par surface de 25 km^2 pour le nord (incluant l'estuaire) et le sud du golfe du Saint-Laurent entre 1990 et 2002 / *Annual areas (km^2) (A) with capelin occurrence probability levels of 50 % and mean capelin occurrence probability (B) per 25 km^2 in the northern (including the Estuary) and southern Gulf of St. Lawrence between 1990 and 2002.*

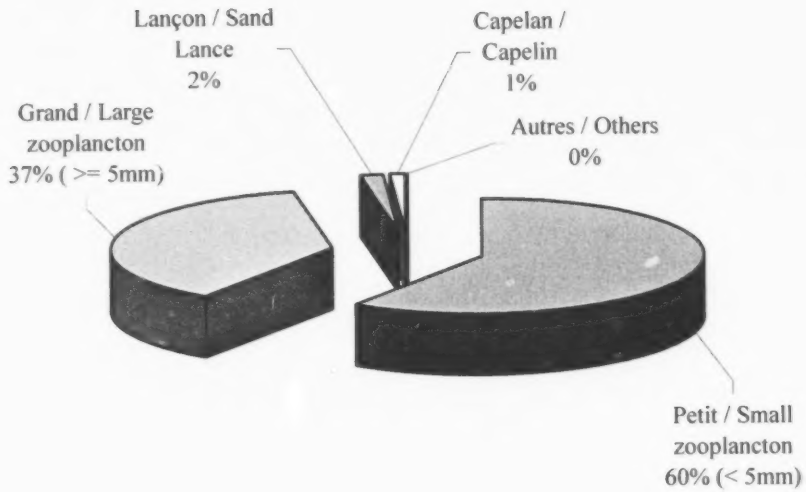


Figure 24. Composition alimentaire (%) du capelan dans le nord du golfe du Saint-Laurent dans le milieu des années 1980 / *Diet (%) of capelin in the northern Gulf of St. Lawrence in the mid-1980s.*

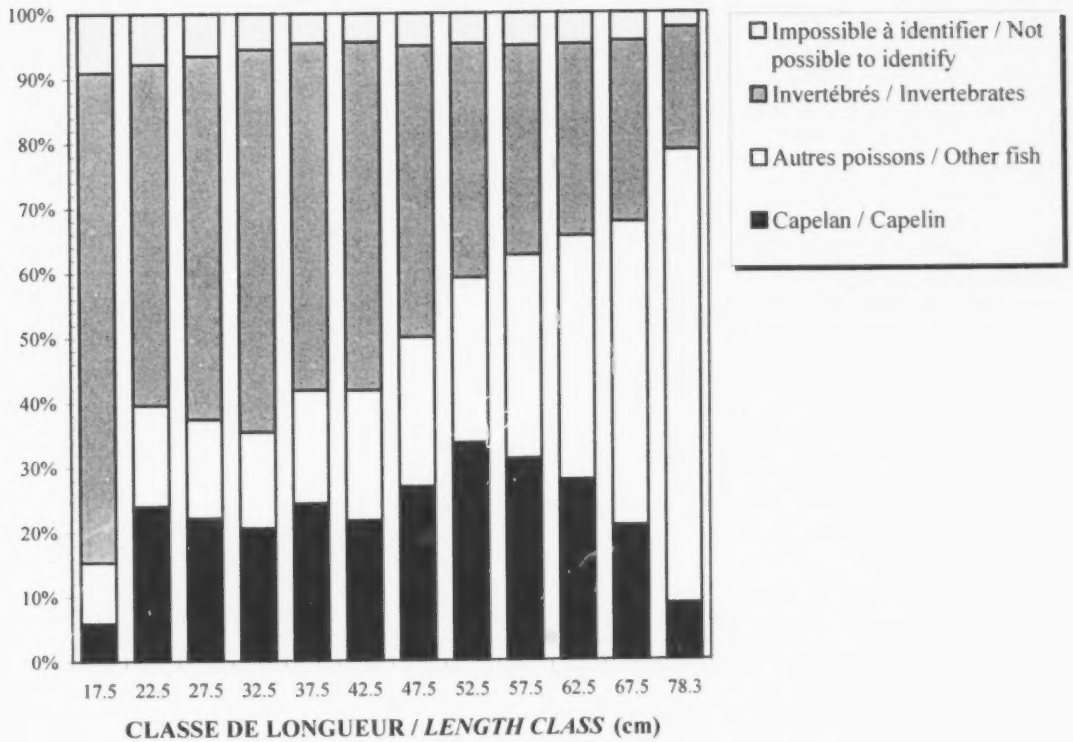


Figure 25. Pourcentage moyen du contenu stomacal (masse) par classe de longueur chez des morues échantillonnées depuis 1993 lors des relevés de recherche du MPO et les pêches sentinelles aux engins fixes et mobiles / *Mean percentage of stomach content (weight) by length-class among cod sampled since 1993 in research surveys conducted by DFO and the fixed- and mobile-gear sentinel fisheries.*

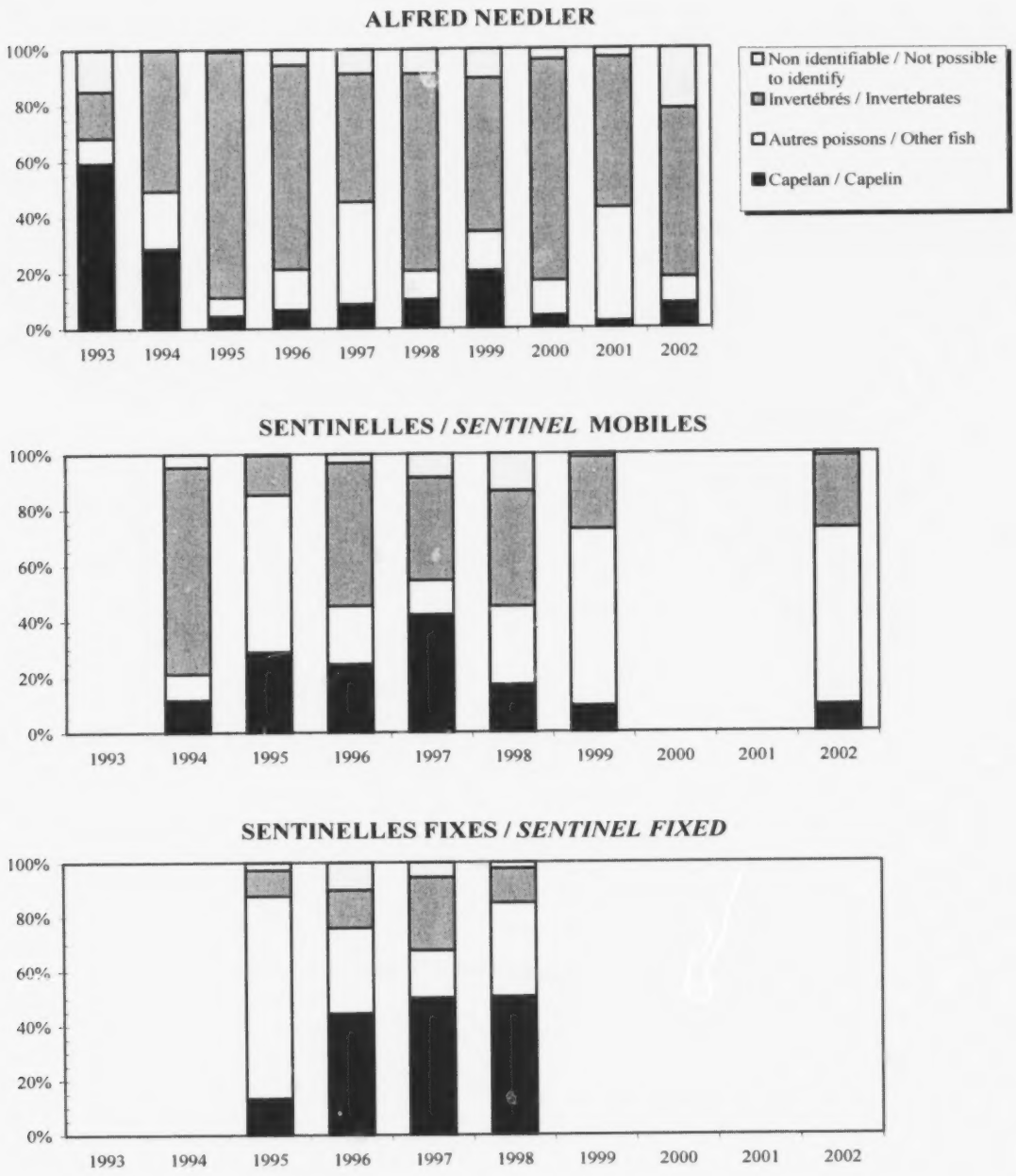


Figure 26. Pourcentage moyen annuel du contenu stomacal (masse) chez des morues de 20-50 cm échantillonnées depuis 1993 par les relevés de recherche du MPO et les pêches sentinelles aux engins fixes et mobiles / *Annual mean percentage of stomach content (weight) among cod measuring between 20 cm and 50 cm, sampled since 1993 in research surveys conducted by DFO and the fixed- and mobile-gear sentinel fisheries.*

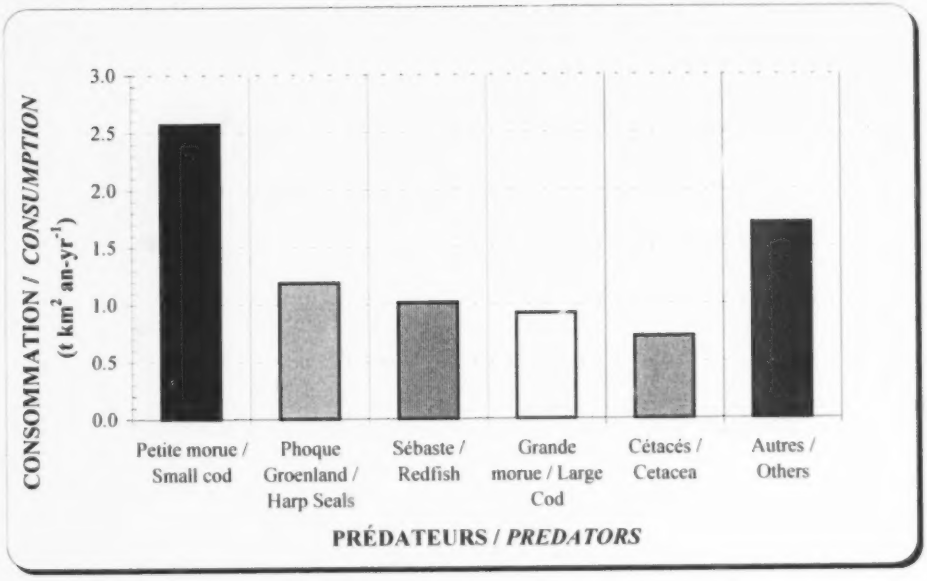


Figure 27. Consommation (t km^2 an^{-1}) des principaux prédateurs du capelan dans le nord du golfe du Saint-Laurent dans le milieu des années 1980 / *Capelin consumption (t km^2 yr^{-1}) by main predators in the northern Gulf of St. Lawrence in the mid-1980s.*

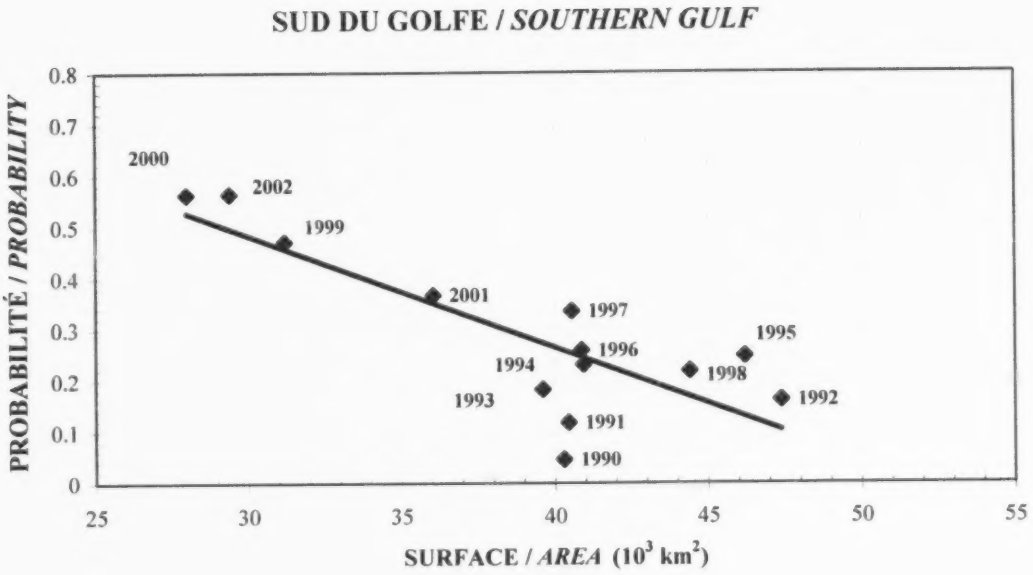
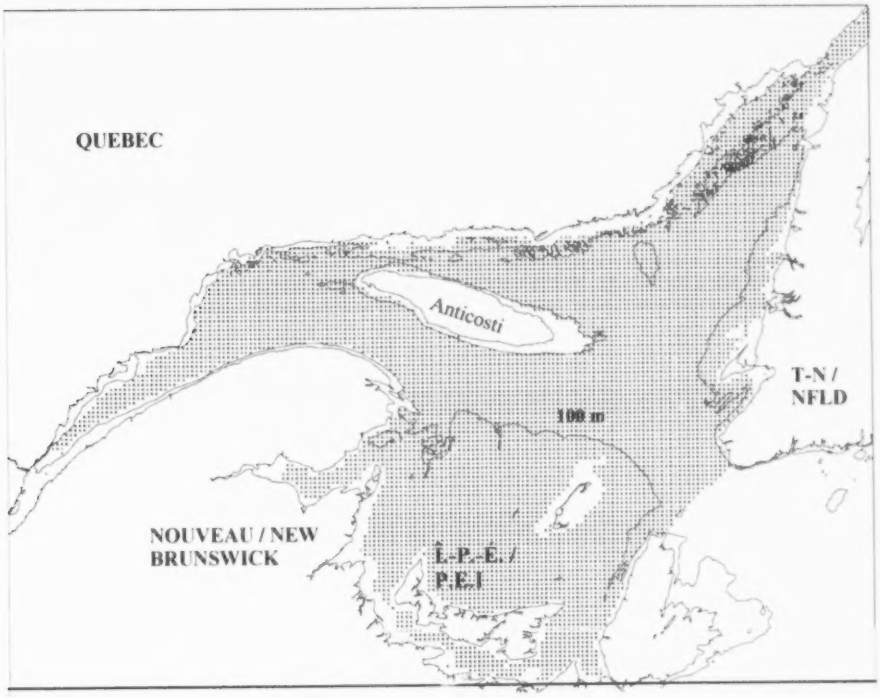


Figure 28. Relation entre la surface ($10^3 km^2$) du plateau Madelinien couverte par des eaux de moins de 1 °C (K. Drinkwater, comm. pers.) et les probabilités moyennes de retrouver du capelan par unité de surface / *Relation between the Magdalen Shallows area ($10^3 km^2$) covered by waters below 1°C (K. Drinkwater, pers. comm.) and mean capelin occurrence probabilities by unit area.*

Annexe 1. Grille utilisée pour le krigeage d'indicatrice (l'isobathe de 100 m est aussi indiqué).
Appendix 1. Grid used for the indicator kriging (100 m isobath is also indicated).



Annexe 2. Description des modèles sphérique et exponentiel utilisés pour le calcul des variogrammes.
Appendix 2. Description of the spherical and exponential models used for the calculation of the variograms.

Modèle sphérique / *Spherical model:*

$$\gamma(h) = \begin{cases} 1.5\frac{h}{A_0} - 0.5\left(\frac{h}{A_0}\right)^3 \text{ si } h \le A_0, \text{ et/and 1 autrement/otherwise} \end{cases}$$

Modèle exponentiel / *Exponential model*:

$$\gamma(h) = 1 - \exp\left(-\frac{3h}{A_0}\right)$$